

Transformator tenaga Bagian 1: Umum



© BSN 2003

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	ii
Prakata	v
1 Ruang lingkup dan kondisi pelayanan	1
1.1 Ruang lingkup	1
1.2 Kondisi pelayanan	1
2 Acuan normatif	2
3 Istilah dan definisi	3
3.1 Umum	3
3.1.1 transformator tenaga	3
3.1.2 oto-transformator	3
3.1.3 transformator penguat	3
3.1.4 transformator jenis terendam minyak	4
3.1.5 transformator jenis kering	4
3.1.6 sistem preservasi minyak	4
3.2 Sirkuit uji dan instrumen	4
3.2.1 terminal	4
3.2.2 terminal saluran	4
3.2.3 terminal netral	4
3.2.4 titik netral	4
3.2.5 terminal bersesuaian	4
3.3 Belitan	4
3.3.1 belitan	4
3.3.2 belitan sadapan	5
3.3.3 belitan fase	5
3.3.4 belitan tegangan tinggi	5
3.3.5 belitan tegangan rendah	5
3.3.6 belitan tegangan menengah	5
3.3.7 belitan bantu	5
3.3.8 belitan stabilisasi	5
3.3.9 belitan bersama	5
3.3.10 belitan seri	5
3.3.11 belitan enerjais	6

3.4	Pengenal	6
3.4.1	nilai pengenal	6
3.4.2	besaran pengenal.....	6
3.4.3	belitan pengenal belitan [Ur].....	6
3.4.4	rasio tegangan pengenal.....	6
3.4.5	frekuensi pengenal	6
3.4.6	daya pengenal.....	6
3.4.7	arus penegenal.....	7
3.5	Sadapan	7
3.5.1	sadapan	7
3.5.2	sadapan utama.....	7
3.5.3	faktor sadapan (berkaitan dengan satu sadapan yang ditetapkan)	7
3.5.4	sadapan positif	8
3.5.5	sadapan negatif.....	8
3.5.6	langkah sadapan	8
3.5.7	julat sadapan	8
3.5.8	rasio tegangan sadapan (dari sepasang belitan)	8
3.5.9	tugas sadapan.....	8
3.5.10	besaran sadapan.....	8
3.5.11	sadapan daya-penuh.....	9
3.5.12	sadapan daya-kurang.....	9
3.5.13	pengubah sadapan berbeban	9
3.6	Rugi-rugi arus tanpa beban	9
3.6.1	rugi tanpa beban	9
3.6.2	arus tanpa beban	9
3.6.3	rugi berbeban	9
3.6.4	rugi rugi total.....	9
3.7	Impedans hubung singkat dan jatuh tegangan.....	10
3.7.1	impedans hubung singkat dari sepasang belitan	10
3.7.2	jatuh atau naik tegangan untuk kondisi beban tertentu	10
3.7.3	impedans urutan-nol (belitan fase tiga)	11
3.8	Kenaikan suhu.....	11
3.9	Isolasi	11
3.10	Sadapan	11
3.10.1	hubungan bintang (hubungan-Y).....	11
3.10.2	hubungan delta (hubungan-D)	11
3.10.3	hubungan delta-terbuka	11

3.10.4 hubungan zigzag (hubungan z)	11
3.10.5 belitan terbuka	12
3.10.6 pergeseran fase pada belitan fase-tiga.....	12
3.10.7 lambang hubungan	12
3.11 Jenis pengujian	12
3.11.1 uji rutin	12
3.11.2 uji jenis	12
3.11.3 uji khusus	12
3.12 Data meteorology berkaitan dengan pendinginan	12
3.12.1 suhu rata-rata bulanan.....	12
3.12.2 suhu rata-rata bulanan.....	13
4 Pengenal.....	13
4.1 Daya pengenal	13
4.2 Siklus pembebanan.....	13
4.3 Nilai daya pengenal yang banyak dipakai.....	14
4.4 Operasi pada tegangan yang lebih tinggi dari tegangan pengenal dan / atau pada frekuensi yang terganggu	14
5 Persyaratan transformator yang mempunyai belitan bersadapan	14
5.1 Umum – notasi julat sadapan.....	14
5.2 Tegangan sadapan – arus sadapan. Kategori standar variasi tegangan sadapan. Sadapan tegangan maksimum	15
5.3 Daya sadapan. Sadapan daya-penuh-sadapan daya-kurang.....	18
5.4 Spesifikasi sadapan permintaan keterangan dan pemesanan	18
5.5 Spesifikasi impedans hubung-singkat.....	19
5.6 Spesifikasi impedans hubung-singkat.....	19
6 Simbol hubungan dan pergeseran fase untuk transformator fase-tiga	20
7 Pelat pengenal	22
7.1 Informasi yang diberikan dalam semua kasus	22
7.2 Jika diperlukan informasi tambahan yang diberikan jika perlukan	23
8 Persyaratan lain	23
8.1 Dimensi hubungan setral	23
8.2 Sistem pemeliharaan minyak	24
8.3 Pelepasan beban sketika pada transformator generator	24
9 Toleransi	24
10 Pengujian	26
10.1 Persyaratan umum untuk uji rutin, uji jenis dan uji khusus	26

10.1.1 Uji rutin	26
10.1.2 Uji jenis.....	26
10.1.3 Uji khusus.....	26
10.2 Pengukuran resistans belitan	27
10.2.1 Umum.....	27
10.2.2 Transformator jenis-kering	27
10.2.3 Transformator jenis terendam minyak.....	27
10.3 Pengukuran rasio tegangan dan pengecekan pergeseran fase.....	27
10.4 Pengukuran impedans hubung-singkat dan rugi beban	27
10.5 Pengukuran rugi tanpa beban dan arus tanpa-beban eban	28
10.6 Pengukuran harmonik arus tanpa beban	29
10.7 Pengukuran impedans urutan-nol pada transformator fase-tiga	29
10.8 Pengujian pada pengubah sadapan berbeban.....	30
10.8.1 Uji operasi	30
10.8.2 Pengujian isolasi sirkuit bantu	30
11 Kesesuaian elektromagnetik (KEM).....	30
Lampiran A (normatif) Informasi yang diperlukan untuk permintaan keterangan dan pemesanan	31
Lampiran B (informatif) Contoh spesifikasi transformator dengan sadapan	33
Lampiran C (informatif) Spesifikasi impedans hubung-singkat dengan batasnya	35
Lampiran D (informatif) Hubungan transformator fase-tiga	36
Lampiran E (normatif) Koreksi suhu rugi beban	39
Lampiran F (informatif) Daftar pusaka	40

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Transformator tenaga - Bagian 1: umum”, diadopsi dari standar *International Electrotechnical Commission (IEC)* Publikasi 60076-1 (2000-04) dengan Judul “*Powe transformers –Part 1: General*”. Standar ini dirumuskan oleh Panitia Teknik Transformator (PTTR) masa kerja Tahun 2002 dengan Keputusan Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Nomor : 145-12/44/600.4/2002 tanggal 6 Juni 2002.

Ketika dalam taraf Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI), standar ini telah melalui proses/prosedur perumusan standar dan terakhir dibahas dalam Forum Konsensus XIX pada tanggal 9 sampai dengan 10 Oktober 2002 untuk mencapai mufakat.

Dalam rangka mempertahankan mutu ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standarisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul perbaikan demi kesempurnaan rancangan ini dan tak kalah pentingnya untuk revisi standar ini dikemudian hari.





Transformator tenaga

Bagian 1: Umum

1 Ruang lingkup dan kondisi pelayanan

1.1 Ruang lingkup

Bagian Standar Nasional Indonesia (SNI) ini berlaku untuk transformator fase-tiga dan fase-tunggal (termasuk oto-transformator), dengan penguncian katagori tertentu dari transformator kecil dan khusus, seperti:

- Transformator fase-tunggal dengan daya pengenalan kurang dari 1 kVA dan transformator fase-tiga kurang dari 5 kVA;
- Transformator instrumen;
- Transformator untuk konverter statis;
- Transformator traksi pasangan atas pada batang putar;
- Transformator asut;
- Transformator uji;
- Transformator las.

Bila tidak ada SNI untuk katagori transformator seperti di atas, standar ini masih dapat diberlakukan baik secara keseluruhan atau sebagian.

Untuk katagori transformator tenaga dan reaktor tersebut yang mempunyai standar nasional, bagian ini hanya dapat diterapkan dengan persyaratan tambahan yang disebutkan dalam spesifikasi dengan mengacu silang pada standar lain¹.

Pada beberapa bagian ini dispesifikasikan atau direkomendasikan bahwa "persetujuan" harus disepakati yang menyangkut alternatif atau penyelesaian teknik tambahan atau prosedur. Persetujuan ini harus dibuat antara pabrik dan pembeli. Ketentuan ini sebaiknya dikemukakan pada saat dini dan persetujuan dituangkan dalam spesifikasi kontrak.

1.2 Kondisi pelayanan

1.2.1 Kondisi pelayanan normal

Bagian dari standar ini memberikan persyaratan rinci untuk transformator yang digunakan dalam kondisi berikut:

- a) Ketinggian
Ketinggian di atas permukaan laut tidak melebihi 1000 m (3 300 ft).
- b) Suhu udara sekitar dan media pendingin
Suhu udara sekitar tidak kurang - 25 °C dan tidak lebih + 40 °C. Untuk transformator berpendingin air, suhu air pendingin pada saluran masuk tidak melebihi + 25 °C.

¹ Standar yang dimaksud untuk transformator jenis kering (IEC 60720), untuk rektor umumnya (IEC 60289), transformator dan reaktor untuk traksi (IEC 60310) dan transformator konverter statis masih dalam pertimbangan

Pembatasan lebih lanjut, dengan memperhatikan pendingin diberikan untuk:

- transformator terendam minyak dalam IEC 60076-2;
- transformator jenis kering dalam IEC 60726.

c) Bentuk gelombang tegangan suplai

Tegangan suplai yang bentuk gelombangnya mendekati sinusoidal.

CATATAN Persyaratan ini biasanya tidak kritis dalam sistem suplai publik, tetapi harus dapat dipertimbangkan dalam instalasi dengan memperhatikan pembebanan konverter. Dalam hal seperti ini terdapat aturan konvensional yang menyatakan bahwa perubahan bentuk harus tidak boleh mencapai baik 5% total kandungan harmonis maupun 1% kandungan harmonis genap. Juga dicatat bahwa yang penting adalah arus harmonis untuk rugi beban dan kenaikan suhu.

d) Tegangan suplai fase-tiga simetris

Untuk transformator fase-tiga, satu set tegangan suplai fase-tiga mendekati simetris.

e) Lingkungan instalasi

Lingkungan dengan laju polusi (lihat IEC 60137 dan IEC 60815) yang tidak memerlukan pertimbangan khusus berkaitan dengan isolasi busbar eksternal transformator atau transformator itu sendiri.

Lingkungan yang tidak mengalami gangguan seismik tidak akan memerlukan pertimbangan khusus dalam desain. (Hal ini diasumsikan pada kasus dimana tingkat akselerasi tanah a_g di bawah 2 m/detik)².

1.2.2 Ketentuan kondisi pelayanan yang tidak biasa

Setiap kondisi pelayanan yang tidak biasa yang tidak dapat menjurus ke pertimbangan khusus dalam desain transformator harus dinyatakan dalam permintaan dan pemesanan. Hal ini dapat berupa faktor seperti misalnya ketinggian dari permukaan laut, suhu tinggi atau rendah yang ekstrim, kelembaban tropis, kegiatan seismik, kontaminasi berat, tegangan yang tidak biasa atau bentuk gelombang arus beban dan pembebanan intermiten (intermittent). Hal ini dapat juga terkait dengan kondisi pengapalan, penyiapan dan instalasi, seperti pembatasan berat dan ruangan (lihat Lampiran A).

Peraturan pelengkap untuk pengenalan dan pengujian diberikan dalam publikasi lain untuk:

- Kenaikan suhu dan pendinginan dalam suhu sekitar yang tinggi atau pada ketinggian di atas permukaan laut yang tinggi : IEC 60076-2) untuk transformator terendam minyak, dan IEC 60726) untuk transformator jenis kering.
- Isolasi eksternal pada ketinggian di atas permukaan laut yang tinggi : IEC 60076-3 dan IEC 60076-3-1 untuk transformator terendam minyak dan IEC 60726 transformator jenis kering.

2 Acuan normatif

Dokumen normatif berikut memuat ketentuan yang merupakan acuan dalam teks ini, sebagai penunjang ketentuan standar IEC 60076. Pada waktu dipublikasikan, edisi-edisi tersebut masih berlaku. Semua dokumen normatifnya, dimaksudkan agar dapat direvisi dan dikelompokkan berdasarkan bagian IEC 60076 disarankan untuk diselidiki kemungkinan penerapannya pada edisi paling terbaru dokumen normatif yang ditunjukkan oleh dokumen-

² Lihat publikasi IEC 68-3-3

dokumen di bawah ini. Anggota IEC dan ISO tetap mengikuti standar internasional yang berlaku saat ini:

IEC 60050 (421) : 1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 421 : Power transformers and reactors*
 IEC 60068-3-3 : 1991, *Environmental testing – Part 3 : Guidance. Seismic test methods for equipments*
 IEC 60076-2 : 1993, *Power transformers – Part 2 : Temperature rise*
 IEC 60076-3 : 1980, *Power transformers – Part 3 : Insulation levels and dielectric tests*
 IEC 60076-3-1 : 1987, *Power transformers – Part 3 : Insulation levels and dielectric tests -. External clearances in air*
 IEC 60076-5 : 1976, *Power transformers – Part 5 : Ability to withstand short circuit*
 IEC 60137 : 1984, *Bushings for alternating voltages above 1 000 V*
 IEC 60354 : 1991, *Loading guide for oil-immersed power transformers*
 IEC 60529 : 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*
 IEC 60551 : 1987, *Determination of transformer and reactor sound levels*
 IEC 60606 : 1978, *Application guide for power transformers*
 IEC 60726 : 1982, *Dry-type power transformers*
 IEC 60815 : 1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*
 IEC 60905 : 1987, *Loading guide for dry-type power transformers*
 ISO 3 : 1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*
 ISO 9001 : 1987, *Quality systems – Model for quality assurance in design/development, production, installation and servicing*

3 Istilah dan definisi

Untuk penggunaan standar ini definisi berikut berlaku. Istilah lain menggunakan pengujian sebagaimana tercantum dalam *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*

3.1 Umum

3.1.1

transformator tenaga

sebuah aparat statis dengan dua atau lebih belitan yang diinduksikan dengan elektromagnetik, mengubah tegangan dan arus sistem a.b. kepada sistem lainnya pada tegangan dan arus yang berbeda dari sebelumnya pada frekuensi yang sama untuk menyalurkan tenaga listrik (modifikasi IEV 421-0101)

3.1.2

oto-transformator³

transformator yang mempunyai satu belitan bersama, paling sedikit dua belitan (IEV 421-01-11)

3.1.3

transformator penguat

transformator yang salah satu belitannya digunakan untuk dihubungkan seri dengan sirkuit untuk mengubah tegangan dan/atau menggeser fase-nya. Belitan lainnya adalah belitan enerjais (modifikasi IEV 421-01-12)

³ Bila diperlukan untuk memperjelas bahwa hubungan bukan oto-transformator, gunakan bentuk istilah seperti transformator belitan terpisah, atau transformator belitan dobel (lihat IEV 421-10-13)

3.1.4

transformator jenis terendam minyak

transformator dengan sirkuit magnetik dan belitannya direndam dalam minyak (IEV 421-01-14)

CATATAN Yang dimaksud cairan isolasi adalah minyak mineral atau prodak lain yang merupakan minyak.

3.1.5

transformator jenis kering

transformator yang inti dan belitannya tidak terendam di dalam cairan isolasi (IEV 421-01-16)

3.1.6

sistem preservasi minyak

sistem di dalam transformator terendam minyak yang ekspansi minyaknya karena panas dapat ditampung. Kontak antara minyak dan udara luar kadang-kadang dapat dikurangi atau dihindari

3.2 Terminal dan titik netral

3.2.1

terminal

elemen hubung yang digunakan untuk menghubungkan belitan pada konduktor eksternal

3.2.2

terminal saluran

terminal yang digunakan untuk menghubungkan kepada konduktor saluran pada jaringan (IEV 421-02-01)

3.2.3

terminal netral

- a) Untuk transformator fase-tiga dan gugus fase-tiga dari transformator fase-tunggal :
Terminal atau terminal-terminal yang dihubungkan ke titik bersama (titik netral) dari belitan yang terhubung bintang atau *zigzag*.
- b) Untuk transformator fase-tunggal
Terminal yang dihubungkan ke titik netral jaringan (modifikasi IEV 421-02-03)

3.2.4

titik netral

titik sistem simetris yang secara normalnya berpotensi nol

3.2.5

terminal bersesuaian

terminal belitan yang berbeda dari suatu transformator, ditandai dengan huruf yang sama atau simbol yang bersesuaian (IEV 421-02-03)

3.3 Belitan

3.3.1

belitan

kumpulan lilitan yang berbentuk sirkuit listrik, berhubungan dengan salah satu tegangan yang ditetapkan untuk transformator

CATATAN Untuk transformator fase tiga, 'belitan' adalah kombinasi dari fase (lihat 3.3.3)

3.3.2**belitan sadapan**

belitan yang jumlah lilitan efektifnya dapat berubah secara bertahap

3.3.3**belitan fase**

kumpulan lilitan yang membentuk salah satu fase dari belitan fase-tiga

3.3.4**belitan tegangan tinggi**

belitan dengan tegangan pengenalan tertinggi (IEV 421-03-03)

3.3.5**belitan tegangan rendah**

belitan dengan tegangan pengenalan terendah (IEV 421-03-04)

CATATAN Untuk transformator penguat, belitan dengan tegangan pengenalan lebih rendah, dapat mempunyai tingkat isolasi tinggi.

3.3.6**belitan tegangan menengah⁴**

belitan transformator dengan multi belitan yang mempunyai tegangan menengah pengenalan antara tegangan pengenalan belitan tertinggi dan terendah (IEV 421-03-05)

3.3.7**belitan bantu**

belitan yang dimaksudkan hanya untuk beban kecil, dibandingkan terhadap daya pengenalan transformator [IEV 421 – 03 – 08]

3.3.8**belitan stabilisasi**

belitan hubungan delta tambahan khususnya untuk melengkapi transformator terhubung bintang-bintang atau bintang-zigzag untuk menurunkan impedans urutan-nol, lihat Sub ayat 3.7.3 (IEV 421-03-09) [modifikasi]

CATATAN Belitan dianggap sebagai belitan stabilisasi hanya jika dimaksudkan untuk hubungan fase-tiga terhadap sirkuit eksternal.

3.3.9**belitan bersama**

belitan bersama dari belitan oto-transformator (IEV 421-03-10)

3.3.10**belitan seri**

bagian dari belitan oto-transformator atau belitan transformator penguat, untuk dihubungkan seri dengan sebuah sirkuit (IEV 421-03-11)

⁴ Belitan yang menerima daya aktif dari catu daya dalam pelayanannya disebut sebagai belitan primer, dan yang mengirimkan daya aktif disebut belitan sekunder. Istilah ini tidak berarti mengenai belitan yang mempunyai tegangan pengenalan lebih dan tidak harus digunakan kecuali dalam arah aliran daya aktif (lihat IEV 421-03-06 dan 07). Belitan berikutnya pada transformator biasanya dengan nilai daya pengenalan lebih rendah dari belitan sekunder disebut sebagai belitan tersier, lihat juga definisi 3.3.8.

3.3.11

belitan enerjais

belitan transformator penguat yang dimaksudkan untuk mensuplai daya ke belitan seri [IEV 421 – 03 – 12]

3.4 Pengenal

3.4.1

nilai pengenal

nilai numerik dari besaran yang menentukan operasi transformator pada kondisi yang ditentukan di dalam IEC 60076 dan didasarkan dari garansi dan pengujian dari pabrikan

3.4.2

besaran pengenal

besaran arus (tegangan, arus dan sebagainya), nilai numerik yang menyatakan nilai pengenal

CATATAN 1 Bila tidak ditentukan lain, untuk transformator yang mempunyai sadapan, besaran pengenal berkaitan dengan sadapan utama (lihat 3.5.2). Besaran yang bersesuaian dengan pengujian yang analog, berkaitan dengan sadapan spesifik lainnya disebut besaran sadapan (lihat 3.5.10).

CATATAN 2 Bila tidak ditentukan lain, tegangan dan arus selalu dinyatakan dengan nilai efektif.

3.4.3

tegangan pengenal belitan [U_r]

tegangan yang ditetapkan untuk diterapkan atau dibangkitkan dalam keadaan tanpa beban, antara terminal atau belitan tanpa sadapan, atau belitan yang mempunyai sadapan dihubungkan pada sadapan utama (lihat 3.5.2). Pada belitan fase-tiga tegangan ini adalah tegangan antara terminal jaringan [modifikasi IEC 421-04-01]

CATATAN 1 Tegangan pengenal semua belitan timbul serentak pada keadaan tanpa beban, bila tegangan sebesar tegangan pengenal diberikan ke salah satu belitan.

CATATAN 2 Untuk transformator fase-tunggal yang dimaksud, dihubungkan dalam hubungan bintang yang membentuk gugus fase tiga, tegangan pengenal dinyatakan sebagai fase-fase, dibagi $\sqrt{3}$ sebagai contoh : $U_r = 400 \sqrt{3}$ kV.

CATATAN 3 Untuk belitan seri transformator penguat fase-tiga yang didesain sebagai belitan terbuka (lihat Sub ayat 3.10.5). Tegangan pengenal dinyatakan sebagai belitan yang dihubungkan bintang, sebagai contoh $U_r = 23 \sqrt{3}$ kV.

3.4.4

rasio tegangan pengenal

rasio tegangan pengenal sebuah belitan terhadap tegangan pengenal belitan lainnya, dengan tegangan pengenal yang sama atau lebih rendah (IEV 421-04-02)

3.4.5

frekuensi pengenal (f_r)

frekuensi pengenal adalah frekuensi dimana transformator didesain untuk beroperasi [modifikasi IEC 421-04-03]

3.4.6

daya pengenal (S_r)

nilai konvensional daya semu yang diberikan kepada sebuah belitan, bersama dengan tegangan pengenal, menentukan arus pengenalnya

CATATAN 1 Kedua belitan dari transformator belitan dua yang mempunyai daya pengenal sama, didefinisikan sebagai daya pengenal transformator tersebut.

CATATAN 2 Untuk transformator multi belitan, setengah dari jumlah nilai daya pengenal semua belitan (belitan terpisah, bukan hubungan oto), memberikan perkiraan kasar ukuran fisiknya bila dibandingkan dengan transformator dua-belitan.

3.4.7

arus pengenal (I_r)

arus yang mengalir melalui terminal saluran belitan, yang berasal dari daya pengenal S_r dan tegangan pengenal U_r belitan (Modifikasi IEV 421-04-05)

CATATAN 1 Untuk belitan fase-tiga arus pengenal I_r diperoleh dari:

$$I_r = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U_r} \text{ A}$$

CATATAN 2 Untuk transformator belitan fase tunggal yang dimaksudkan dihubungkan delta membentuk gugus fase tiga, arus pengenal diindikasikan sebagai arus jaringan dibagi $\sqrt{3}$ sebagai contoh:

$$I_r = \frac{500}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

3.5 Sadapan

3.5.1

sadapan

transformator yang mempunyai belitan sadapan, hubungan spesifik dari belitan menyatakan jumlah lilitan tertentu efektif belitan sadapan dan sebaliknya, rasio lilitan tertentu antara belitan ini dan belitan lainnya dengan jumlah lilitan yang ditetapkan

CATATAN Salah satu sadapan adalah sadapan utama, dan sadapan lainnya diuraikan hubungannya dengan sadapan utama oleh masing-masing faktor sadapannya, lihat definisi istilah dibawah ini.

3.5.2

sadapan utama

sadapan yang menentukan besaran pengenalnya (IEV 421-05-02)

3.5.3

faktor sadapan (berkaitan dengan suatu sadapan yang ditetapkan)

Rasionya:

$$\frac{U_d}{U_r} \text{ (faktor sadapan)} \text{ atau } 100 \frac{U_d}{U_r} \text{ (faktor sadapan yang dinyatakan dalam persen)}$$

Dimana:

U_r adalah tegangan pengenal belitan (lihat sub ayat 3.4.3),

U_d adalah tegangan yang timbul pada terminal belitan dalam keadaan tanpa beban pada sadapan tertentu dengan memberikan tegangan pengenal pada belitan tanpa sadapan.

CATATAN Definisi ini tidak sesuai hubungannya dengan belitan seri dari transformator penguat (Lihat 3.1.3) dan dalam hal itu notasi persentase dapat dirujuk pada tegangan belitan dan dienerjais atau belitan dan sistem gabungan transformator.

3.5.4

sadapan positif

sadapan yang mempunyai faktor sadapan lebih besar dari 1 (IEV 421-05-04)

3.5.5

sadapan negatif

sadapan yang mempunyai faktor sadapan lebih kecil dari 1 (IEV 421-05-04)

3.5.6

langkah sadapan

perbedaan antara faktor sadapan, dinyatakan dalam prosen dari dua sadapan yang berurutan

3.5.7

julat sadapan

variasi julat dari faktor sadapan, dinyatakan dalam prosen dibandingkan dengan nilai "100"

CATATAN Jika julat faktor ini dari $100 + a$ sampai $100 - b$, julat sadapan disebut : $+a\%$, $-b\%$ atau $\pm a\%$ jika $a = b$ (IEV 421-05-07)

3.5.8

rasio tegangan sadapan (dari sepasang belitan)

rasio yang sama dengan rasio tegangan pengenalan:

dikali faktor sadapan dari belitan bersadapan jika belitan ini di sisi tegangan tinggi.
dibagi faktor sadapan dari belitan bersadapan jika belitan ini di sisi belitan tegangan rendah
(IEV 421-05-08)

CATATAN Sementara rasio tegangan pengenalan yang ditentukan paling sedikit sama dengan 1, rasio tegangan sadapan dapat kurang dari 1 untuk suatu sadapan yang rasio tegangan pengenalan mendekati 1

3.5.9

tugas sadapan

nilai numerik yang ditetapkan untuk besaran, analog dengan besaran pengenalan, sebagai dasar sadapan untuk sadapan utama (lihat ayat 5 dan IEC 60606) [Modifikasi IEV 421-05-09]

3.5.10

besaran sadapan

besaran nilai numerik yang menentukan tugas sadapan dari sadapan khusus (selain sadapan utama)

CATATAN Besaran sadapan yang ada untuk setiap belitan transformator, tidak hanya untuk belitan sadapan (lihat sub ayat 5.2 dan 5.3)

Besaran sadapan adalah:

- Tegangan sadapan (analog dengan tegangan pengenalan 3.4.3);
- Daya sadapan (analog dengan daya pengenalan 3.4.6);
- Arus sadapan (analog dengan arus pengenalan 3.4.7) [modifikasi 421-05-10].

3.5.11**sadapan daya-penuh**

sadapan dengan daya sadapan sama dengan daya pengenalan [IEV 421-05-15]

3.5.12**sadapan daya-kurang**

sadapan dengan daya sadapan kurang dari daya pengenalan [IEV 421-05-15]

3.5.13**pengubah sadapan berbeban**

gawai untuk mengubah hubungan sadapan belitan, sesuai dengan operasi, ketika transformator dienerjais atau berbeban [IEV 421-11-01]

3.6 Rugi-rugi arus tanpa beban

CATATAN Nilai tersebut dikaitkan pada sadapan utama, kecuali sadapan lain yang ditentukan khusus.

3.6.1**rugi tanpa beban**

daya aktif yang diserap ketika tegangan pengenalan (tegangan sadapan) pada frekuensi pengenalan diterapkan pada terminal salah satu belitan, sedangkan belitan lainnya terbuka [modifikasi IEV 421-06-01]

3.6.2**arus tanpa beban**

nilai arus efektif yang mengalir melalui terminal saluran fase dari belitan bila tegangan (tegangan sadapan) diterapkan pada frekuensi pengenalan, sedangkan belitan lainnya terbuka

CATATAN 1 Untuk transformator fase-tiga, nilai rata-rata aritmatik dari nilai arus fase tiga

CATATAN 2 Arus beban nol belitan sering dinyatakan sebagai persentase dari arus pengenalan belitan. Untuk transformator belitan ganda persentase ini diacu pada belitan dengan daya pengenalan tertinggi (modifikasi IEV 421-06-02)

3.6.3**rugi berbeban**

daya aktif yang diserap pada frekuensi pengenalan dan suhu acuan (lihat sub ayat 10.1). Yang tergabung dengan pasangan belitan bila arus pengenalan (arus sadapan) mengalir melalui terminal saluran fase dari salah satu belitan, dan terminal belitan lainnya dalam hubungan singkat. Kemudian belitan lainnya, bila ada, dalam keadaan terbuka

CATATAN 1 Untuk transformator belitan-dua hanya ada satu kombinasi belitan dan satu nilai dari rugi beban. Untuk transformator belitan dua ada beberapa nilai rugi beban berkaitan dengan kombinasi belitan dua yang berbeda (lihat sub ayat 6 publikasi IEC 60606). Kombinasi rugi beban untuk transformator lengkap diacu kepada kombinasi beban belitan yang ditentukan. Pada umumnya, biasanya hal tersebut tidak dapat diterima untuk pengukuran langsung dalam pengujian.

CATATAN 2 Bila belitan dari pasangannya mempunyai nilai daya pengenalan berbeda, rugi beban diacu pada arus pengenalan dengan daya pengenalan terkecil dan daya acuan tersebut harus dinyatakan.

3.6.4**rugi-rugi total**

jumlah rugi tanpa beban dan rugi berbeban

CATATAN Penggunaan daya belitan bantu tidak termasuk dalam rugi-rugi total dan ditentukan secara terpisah [modifikasi IEV 421-06-05]

3.7 Impedans hubung Singkat dan Jatuh Tegangan

3.7.1

impedans hubung singkat dari sepasang belitan

impedans seri ekivalen $Z = R + jX$ dalam ohm, pada frekuensi pengenal dan suhu acuan, melalui terminal salah satu belitan dari satu pasangan belitan, apabila belitan dihubungkan singkat dan bila belitan lainnya terbuka. Untuk transformator fase tiga impedans dinyatakan sebagai impedans fase (ekivalen hubungan bintang)

Untuk transformator yang mempunyai belitan sadapan, impedans hubung singkat diacu pada sadapan khusus. Kecuali tidak ditentukan lain yang digunakan adalah sadapan utama.

CATATAN Besaran ini dapat dinyatakan secara relatif dalam bentuk hubung tanpa dimensi, sebagai pecahan dari z impedansi acuan Z_{ref} , dari belitan yang sama dari pasangannya dinotasikan dalam persen :

$$Z = 100 \frac{Z}{Z_{ref}}$$

Dengan :

$$Z_{ref} = \frac{U^2}{S_r} \text{ (Rumus ini berlaku untuk transformator fase tiga dan fase tunggal)}$$

U adalah tegangan belitan (tegangan pengenal atau tegangan sadapan) yang mempunyai Z dan Z_{ref} .

S_r adalah nilai daya pengenal acuan.

Nilai relatif juga sama dengan rasio antara tegangan yang diterapkan selama pengukuran hubung singkat yang menyebabkan arus pengenal relevan (arus sadapan) mengalir, dan tegangan pengenal (tegangan sadapan). Tegangan yang diterapkan ini belitan diacu sebagai tegangan hubung singkat (IEV 421-07-01) dari sepasang belitan, biasanya dinyatakan sebagai persentase (modifikasi IEV 421-07-02).

3.7.2

jatuh atau naik tegangan untuk kondisi beban tertentu

perbedaan antara tegangan tanpa beban dan belitan dengan tegangan yang dibangkitkan pada terminal dari belitan yang sama pada beban dan faktor beban yang ditentukan, tegangan yang diberikan ke (salah satu) belitan lainnya, sama dengan:

- Nilai pengenalnya bila transformator dihubungkan pada sadapan utama (tegangan tanpa beban dari belitan terdahulu sama dengan nilai pengenalnya)
- Tegangan sadapan, bila transformator terhubung pada sadapan lainnya

Perbedaan ini umumnya dinyatakan dalam persentase dari tegangan tanpa beban dari belitan sebelumnya.

CATATAN Untuk transformator belitan ganda, turun atau naiknya tegangan tidak hanya tergantung pada beban dan faktor daya dengan belitan tersebut saja, tetapi juga pada beban dan faktor daya belitan lainnya (lihat IEC 60606) [IEV 421-07-03].

3.7.3

impedans urutan-nol (belitan fase tiga)

impedans urutan-nol (belitan fase tiga) adalah impedans yang dinyatakan dalam ohm tiap fase pada frekuensi pengenal, antara terminal saluran fase tiga hubungan bintang atau belitan hubungan zigzag yang dihubungkan bersama dengan terminal netralnya [modifikasi IEV 421-07-04]

CATATAN 1 Impedans urutan-nol dapat memiliki beberapa nilai, karena tergantung bagaimana terminal belitan lainnya atau belitan yang terhubung atau dihubungkan dan dibebani.

CATATAN 2 Impedans urutan-nol dapat tergantung pada nilai arus dan suhu, khususnya transformator tanpa belitan hubungan-delta.

CATATAN 3 Impedans urutan-nol dapat juga dinyatakan sebagai nilai relatif, dengan cara yang sama untuk (urutan positif) impedans hubung-singkat (lihat sub ayat 3.7.1).

3.8 Kenaikan suhu

selisih antara suhu dari bagian yang diukur dengan suhu media pendingin eksternal [modifikasi IEV 421-08-01]

3.9 Isolasi

untuk definisi yang berhubungan dengan isolasi lihat publikasi IEC 60076-3

3.10 Hubungan

3.10.1

hubungan bintang (hubungan-Y)

hubungan belitan yang disusun sedemikian rupa, sehingga setiap belitan fase transformator fase-tiga, atau setiap belitan transformator fase-tunggal dengan tegangan pengenal yang sama dalam gugus fase tiga, dihubungkan ke titik bersama (titik netral) dan ujung lainnya adalah terminal saluran fase yang bersesuaian [modifikasi IEV 421-10-01]

3.10.2

hubungan delta (hubungan-D)

hubungan belitan yang disusun sedemikian rupa, sehingga belitan fase dari transformator fase tiga atau belitan untuk tegangan pengenal yang sama dari transformator fase-tunggal dibentuk menjadi gugus fase-tiga, dihubungkan seri membentuk sirkuit tertutup [modifikasi IEV 421-10-02]

3.10.3

hubungan delta-terbuka

hubungan belitan yang mana belitan fase dari transformator fase-tiga, atau belitan untuk tegangan pengenal yang sama dari transformator fase-tunggal dibentuk menjadi gugus fase-tiga, dihubungkan seri tanpa salah satu sudutnya tertutup atau delta [IEV 421-10-03]

3.10.4

hubungan zigzag (hubungan z)

hubungan belitan yang salah satu ujung dari setiap belitan fase transformator fase tiga dihubungkan ke titik bersama (titik netral) dan setiap belitan fase terdiri dari dua bagian yang tegangan fase-tergeser diinduksikan

CATATAN Kedua bagian ini secara normal mempunyai jumlah lilitan yang sama (modifikasi IEV 421-10-04).

3.10.5

belitan terbuka

belitan fase dari transformator fase-tiga dimana yang tidak terhubung di dalam transformator [modifikasi IEV 421-10-05]

3.10.6

pergeseran fase pada belitan fase-tiga

perbedaan sudut antara fasor yang menunjukkan tegangan antara titik netral (real atau imajiner) dan terminal terkait dari dua belitan, sistem tegangan urutan-positif yang diterapkan pada terminal tegangan tinggi berikutnya satu sama lain, urutan alpabetik bila huruf, atau urutan numerik bila besaran. Fasor dianggap berputar/berlawanan arah jam [modifikasi IEV 421-10-08]

CATATAN Fasor belitan tegangan tinggi diambil sebagai acuan, dan bergeser untuk setiap belitan lain, secara konvensional dinyatakan dengan notasi jam, bahwa jam menentukan fasor belitan bila fasor belitan tegangan tinggi pada pukul 12 (Bertambahnya angka menunjukkan bertambahnya fase tertinggal).

3.10.7

lambang hubungan

notasi konvensional menunjukkan hubungan tegangan tinggi, tegangan menengah (jika ada) dan belitan tegangan rendah dan pergeseran fase relatif dinyatakan sebagai kombinasi huruf dan gambar jarum-jam [modifikasi IEV 421-10-09]

3.11 Jenis pengujian

3.11.1

uji rutin

pengujian yang dikenakan terhadap setiap transformator

3.11.2

uji jenis

pengujian yang dilakukan pada transformator yang mewakili transformator lainnya, menunjukkan bahwa transformator lainnya tersebut sesuai dengan persyaratan yang ditentukan tetapi tidak tercakup oleh uji rutin

CATATAN Sebuah transformator dianggap mewakili transformator lainnya bila transformator tersebut identik satu sama lain, baik pengenalan maupun konstruksinya, tetapi uji jenis dapat juga berlaku bila dikenakan terhadap transformator yang sedikit berbeda (minor deviation) dari pengenalan atau karakteristik lain. Perbedaan ini harus disepakati dahulu oleh pabrik dengan pembeli.

3.11.3

uji khusus

pengujian selain dari uji rutin atau uji jenis, yang telah disepakati oleh pabrik dengan pembeli

3.12 Data meteorologi berkaitan dengan pendinginan

3.12.1

suhu rata-rata bulanan

setengah jumlah dari rata-rata maksimum harian dan rata-rata minimum harian selama bulan tertentu dalam beberapa tahun

3.12.2**suhu rata-rata tahunan**

seper-dua belas dari jumlah suhu rata-rata bulanan

4 Pengenal**4.1 Daya pengenal**

Transformator harus mempunyai daya pengenal yang ditetapkan untuk setiap belitan yang harus tertera pada pelat pengenal. Daya pengenal didasarkan pada pembebanan kontinu. Nilai acuan ini untuk jaminan dan pengujian yang berkaitan dengan rugi-rugi beban dan kenaikan suhu.

Bila nilai daya nyata berbeda dari yang telah ditetapkan pada kondisi yang berbeda, misalnya metode pendinginan yang berbeda, maka nilai yang tertinggi adalah daya pengenal.

Transformator dua-belitan mempunyai hanya satu nilai daya pengenal, identik untuk kedua belitan.

Bila transformator mempunyai tegangan pengenal yang diterapkan pada belitan primer, dan arus pengenal mengalir melalui terminal belitan sekunder, transformator menerima daya pengenal relevan untuk pasangan belitan tersebut.

Transformator harus mampu memikul pelayanan kontinu, daya pengenal (untuk transformator multi belitan) ; dengan kombinasi-kombinasi yang ditetapkan dari daya pengenal belitan pada kondisi yang tercantum dalam sub ayat 1.2 dan tanpa melampaui batas kenaikan suhu yang ditentukan dalam publikasi IEC 60076-2 (SNI 04-3904-2-1995).

CATATAN Pengertian daya pengenal menurut sub ayat ini menyatakan bahwa nilai daya nyata input transformator termasuk penyerapan sendiri daya aktif dan reaktif. Daya nyata transformator disalurkan ke sirkuit yang dihubungkan ke terminal belitan sekunder dalam pembebanan pengenal berbeda pada daya pengenal. Tegangan pada terminal sekunder yang berbeda dari tegangan pengenal oleh turun tegangan (atau naik) pada transformator. Turun tegangan yang diizinkan, dengan berkenaan faktor daya beban, dibuat dalam ketentuan tegangan pengenal dan julat sadapan (lihat ayat 2 publikasi IEC 60606).

Hal ini berbeda dari metode yang digunakan pada standar transformator berdasarkan tradisi di Amerika (ANSI / IEEE C57.12.00) dengan kVA pengenal adalah keluaran yang dapat dihasilkan dari tegangan pengenal sekunder. Menurut metode tersebut, turun tegangan yang diizinkan dapat dibuat dalam desain sedemikian rupa sehingga tegangan primer dapat diterapkan pada transformator. Sebagai tambahan, ketentuan ANSI / IEEE, dalam "kondisi pelayanan biasa" faktor daya beban adalah 80% atau lebih besar. (ketentuan edisi 1987).

4.2 Siklus pembebanan

Bila dispesifikasikan dalam permintaan keterangan atau kontrak, transformator sebagai tambahan terhadap daya pengenalnya untuk pembebanan kontinu dapat diterapkan pada siklus pembebanan sementara dan harus mampu beroperasi pada kondisi yang ditentukan menurut Publikasi IEC 60354 dan Publikasi IEC 60905.

Bushing pengubah sadapan dan perlengkapan bantu lainnya harus dipilih sedemikian rupa sehingga tidak membatasi pembebanan transformator.

CATATAN Pilihan ini digunakan secara khusus untuk memberikan dasar bagi desain dan garansi yang berkenaan dengan pembebanan darurat sementara transformator tenaga besar.

4.3 Nilai daya pengenalan yang banyak dipakai

Untuk transformator di atas 10 MVA, nilai daya pengenalan harus diambil yang lebih banyak dipakai dari seri R10 yang diberikan ISO 3 (1973) ; Angka dan; Seri angka yang banyak dipakai.

(...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, dsb.)

4.4 Operasi pada tegangan yang lebih tinggi dari tegangan pengenalan dan/atau pada frekuensi yang terganggu

Metode untuk menentukan nilai tegangan pengenalan yang sesuai dan julat sadapan untuk mengatasi sejumlah kasus pembebanan (daya pembebanan dan faktor kerja, berkaitan dengan tegangan pelayanan saluran ke saluran) diuraikan dalam IEC 60606.

Dalam nilai U_m^5 sebelumnya, transformator harus mampu melayani secara kontinu tanpa kerusakan pada kondisi 'fluksi lebih' dimana rasio tegangan terhadap frekuensi melebihi rasio tegangan pengenalan dan frekuensi pengenalan yang sesuai tidak lebih dari 5%.

5 Persyaratan transformator yang mempunyai belitan bersadapan

5.1 Umum – notasi julat sadapan

Sub ayat berikut berlaku pada transformator yang mana hanya salah satu belitan yaitu belitan bersadapan.

Pada transformator belitan ganda, pernyataan tersebut berlaku baik untuk kombinasi belitan sadapan maupun belitan yang tidak bersadapan.

Dalam transformator hubungan-oto, sadapan kadang-kadang disusun pada netral yang berarti jumlah lilitan efektif berubah secara simultan pada kedua belitan. Untuk transformator sadapan khusus perlu persetujuan lebih dahulu. Persyaratan sub ayat ini harus digunakan sejauh dapat diterapkan.

Jika tidak dispesifikasikan lain, sadapan utama ditempatkan di tengah julat sadapan, sadapan lain ditentukan dengan faktor sadapannya. Jumlah sadapan dan julat dari variasi rasio transformator dapat ditunjukkan dalam notasi singkat dengan deviasi persentase faktor sadapan dari nilai 100 (untuk definisi istilah, lihat sub ayat 3.5)

CONTOH Transformator dengan belitan sadapan 160 kV seluruhnya mempunyai 21 sadapan, ditempatkan secara simetris, dinyatakan:

$$(160 \pm 10 \times 1,5\%) / 66 \text{ kV}$$

Jika untuk beberapa alasan julat sadapan dispesifikasikan tidak simetris terhadap tegangan pengenalan, diperoleh:

$$\left[\begin{array}{c} +12 \times 1,5\% \\ 160 \\ -8 \times 1,5\% \end{array} \right] / 66 \text{ kV}$$

⁵ U_m adalah tegangan tertinggi untuk perlengkapan yang dapat diterapkan pada belitan transformator (lihat publikasi IEC 60076-3)

CATATAN Cara notasi pendek ini hanya penjelasan dari susunan belitan bersadapan dan tidak mempengaruhi pada variasi tegangan terapan sebenarnya dari tegangan yang diterapkan pada belitan dalam pelayanan. Ini diuraikan dalam sub ayat 5.2 dan 5.3.

Berkaitan dengan penandaan pada pelat pengenalan data yang berhubungan dengan sadapan sendiri, lihat ayat 7.

Beberapa sadapan dapat "shadap daya-kurang" karena pembatasan tegangan sadapan atau arus sadapan. Batas sadapan yang batasannya seperti itu disebut "sadapan tegangan maksimum" dan "sadapan arus maksimum" (lihat gambar 1).

5.2 Tegangan sadapan – arus sadapan. Kategori standar variasi tegangan sadapan. Sadapan tegangan maksimum

Notasi pendek julat sadapan dan indikasi tingkat sadapan menunjukkan julat variasi rasio transformator. Tetapi nilai yang dinyatakan dari besaran sadapan tidak sepenuhnya ditentukan oleh transformator itu sendiri. Informasi tambahan diperlukan. Seperti informasi daya sadapan tegangan sadapan dan arus sadapan yang dibuat dalam bentuk tabel, merupakan tulisan untuk menunjukkan setiap sadapan yang menunjukkan 'kategori variasi tegangan' dan mungkin membatasi julat sadapan pada "sadapan daya-penuh".

Kategori ekstrim dari variasi tegangan sadapan adalah:

- variasi tegangan fluksi konstan (VTFK), dan
- variasi tegangan fluksi berubah (VTFB).

Didefinisikan sebagai berikut:

VTFK

Adalah tegangan sadapan dalam setiap belitan yang tidak bersadapan adalah konstan dari sadapan ke sadapan lainnya. Tegangan sadapan dalam belitan yang mempunyai sadapan berbanding lurus dengan faktor sadapan.

VTFB

Adalah tegangan sadapan dalam belitan yang mempunyai sadapan adalah konstan dari sadapan ke sadapan lainnya. Tegangan sadapan dalam setiap belitan yang tidak bersadapan berbanding terbalik dengan faktor sadapan.

VTK (Variasi tegangan kombinasi)

Untuk beberapa penggunaan dan khususnya pada transformator yang mempunyai julat sadapan yang besar, kombinasi tegangan ditentukan dengan menggunakan prinsip penerapan pada bagian yang mempunyai julat yang berbeda. Variasi tegangan kombinasi (VTK). Titik pengubah sadapan disebut sadapan maksimum tegangan.

Untuk sistem ini diterapkan sebagai berikut:

VTFK berlaku untuk sadapan dengan faktor sadapan di bawah faktor tegangan maksimum sadapan.

VTFB berlaku untuk sadapan dengan faktor sadapan di atas faktor tegangan sadapan maksimum.

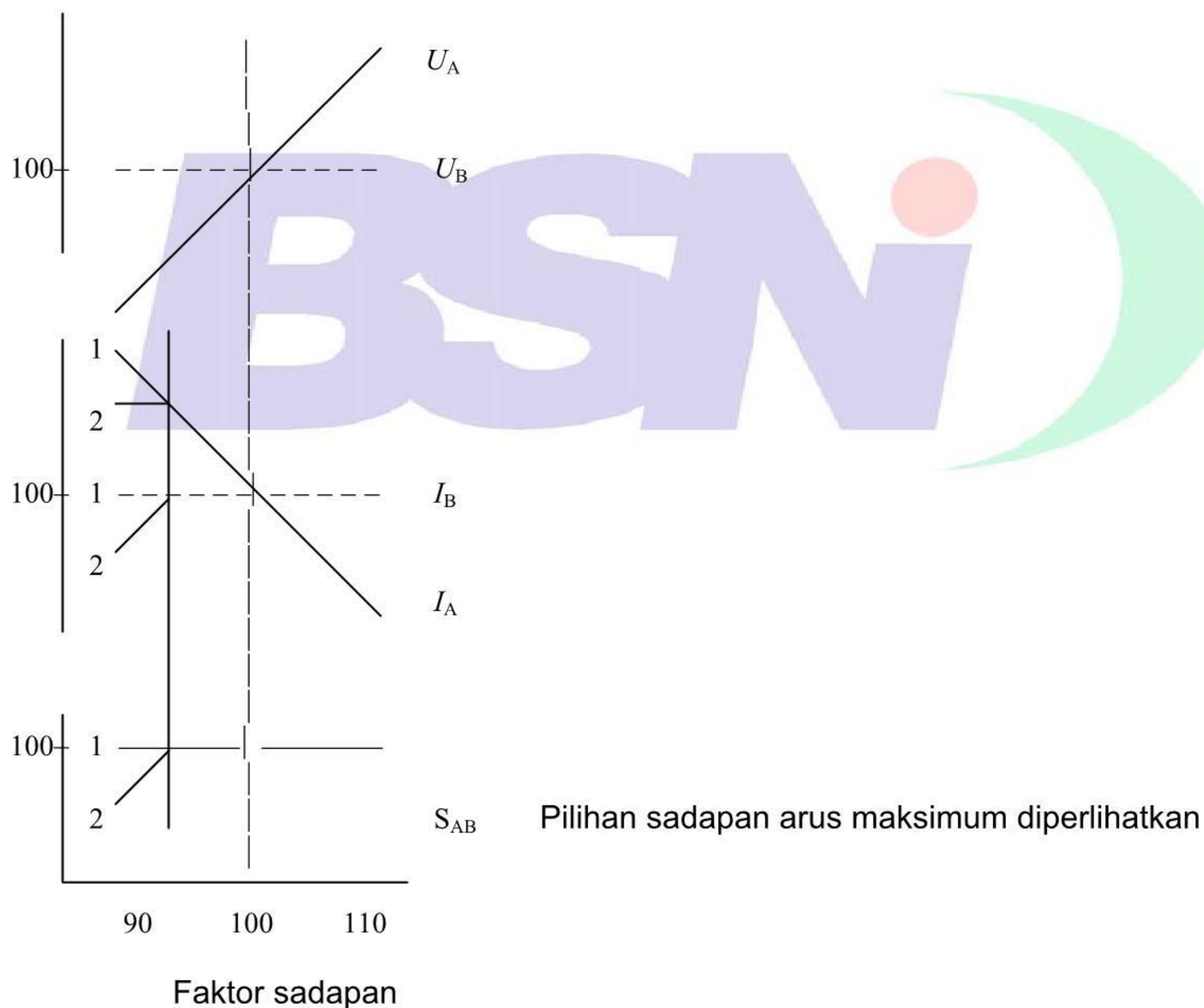
Grafik menunjukkan kategori variasi tegangan sadapan:

VTFK gambar 1a) – VTFB gambar 1b) – KVT gambar 1c)

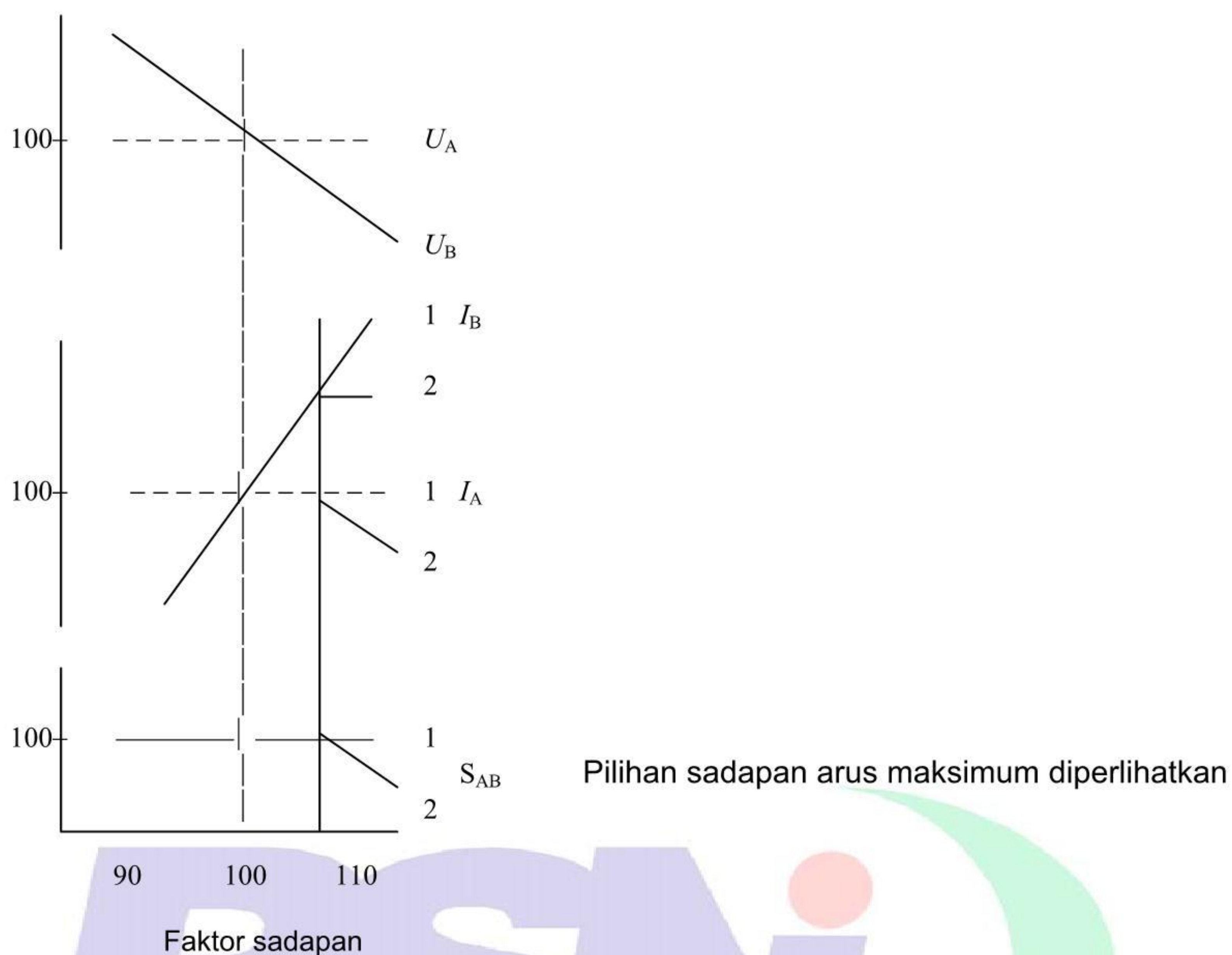
Lambang:

U_A, I_A	Tegangan sadapan dan arus sadapan dalam belitan yang mempunyai sadapan.
U_B, I_B	Tegangan sadapan dan arus sadapan dalam belitan yang tidak bersadapan.
S_{AB}	Daya sadapan.
Absis	Faktor sadapan, persentase (menunjukkan jumlah relatif belitan efektif pada belitan sadapan).

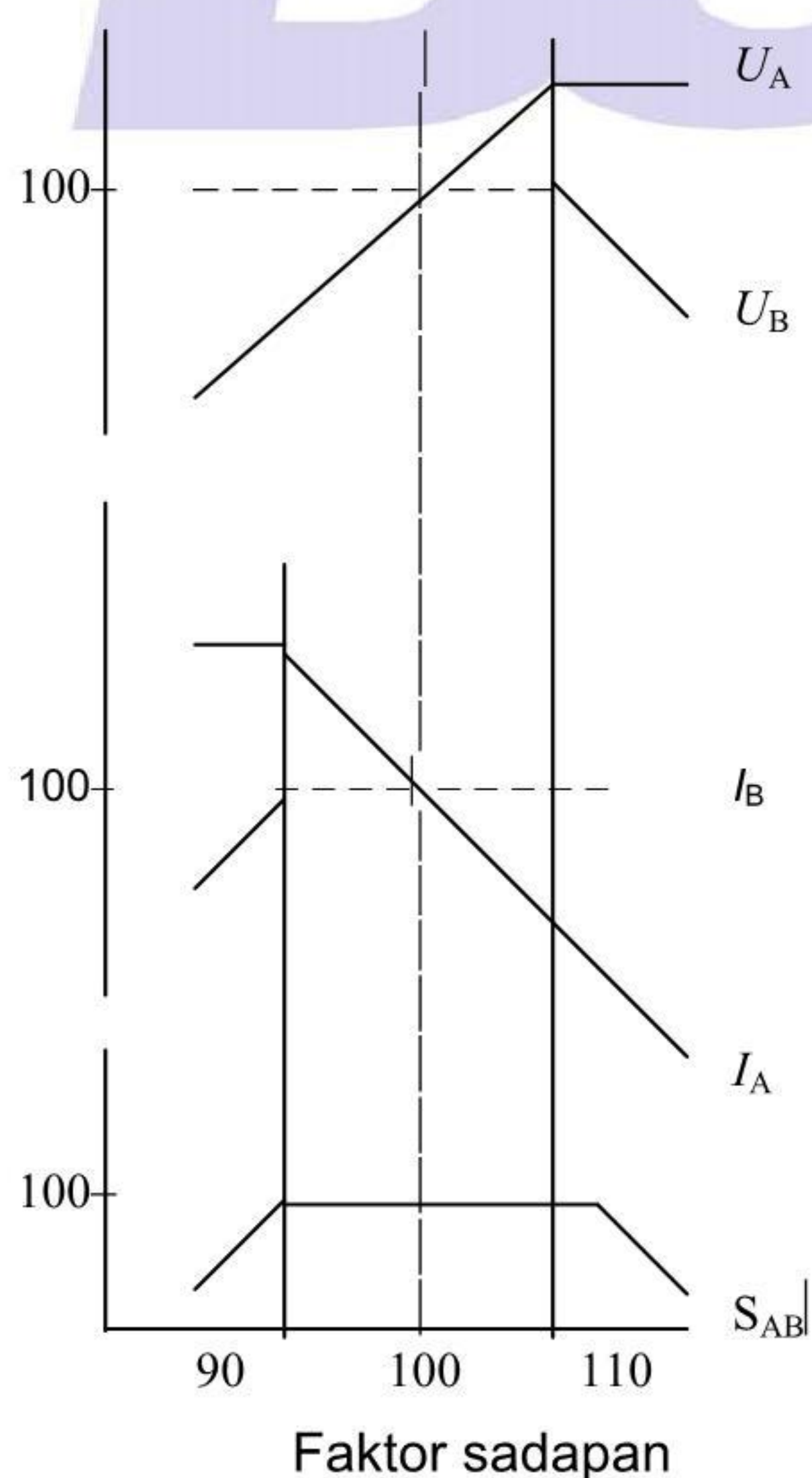
- 1 Menunjukkan sadapan daya-penuh diluar julat sadapan.
- 2 Menunjukkan 'sadapan tegangan-maksimum', 'sadapan arus maksimum' dan julat sadapan daya-kurang.



Gambar 1a) Variasi tegangan fluksi konstan VTFK



Gambar 1b) Variasi tegangan fluksi berubah VTFB



Titik pengubah-sadapan diperlihatkan dalam julat sadapan positif. Ini merupakan sadapan tegangan maksimum (U_A) dan sadapan arus maksimum (I_B konstan, tidak bertambah di atas titik pengubah sadapan). Sebagai tambahan, sadapan arus maksimum yang dapat dipilih (dalam julat VTK) juga diperlihatkan

Gambar 1c) Variasi tegangan kombinasi VTK

5.3 Daya sadapan. Sadapan daya-penuh – sadapan daya-kurang

Semua sadapan harus pada sadapan daya penuh, kecuali ketentuan berikut :

Dalam transformator belitan-terpisah dengan daya sampai dengan 2500 kVA dengan julat sadapan tidak melebihi $\pm 5\%$ dengan arus sadapan pada belitan sadapan harus sama dengan arus pengenalan pada semua sadapan negatif. Cara tersebut menyatakan bahwa sadapan utama adalah 'sadapan arus maksimum', lihat berikut.

Dalam transformator yang mempunyai julat sadapan lebih besar dari $\pm 5\%$, pembatasan dapat ditentukan pada nilai tegangan sadapan atau arus sadapan dan jika tidak dibatasi maka akan naik di atas nilai pengenalan. Bila pembatasan ditentukan seperti di atas, sadapan tersebut akan menjadi 'sadapan daya-kurang'. Sub ayat ini menguraikan susunan tersebut.

Bila faktor sadapan menyimpang dari satu, arus sadapan untuk sadapan daya-penuh dapat bertambah di atas arus pengenalan pada satu belitan. Seperti gambar 1a) mengilustrasikan penerapan untuk sadapan negatif pada belitan yang mempunyai sadapan, dalam VTFR dan untuk sadapan positif untuk belitan yang tidak bersadapan dalam VTFR gambar 1b). Untuk membatasi penguatan belitan terkait yang dibicarakan, hal itu dimungkinkan untuk menentukan arus maksimum sadapan. Dari sadapan ini, kemudian nilai arus sadapan selanjutnya pengenalan untuk belitan ditentukan konstan. Ini berarti bahwa sadapan lainnya yang mengarah ke sadapan ekstrim-ekstrim lainnya adalah sadapan daya-kurang (lihat gambar 1a), 1b), dan 1c)).

Bila tidak dispesifikasikan lain, pada VTFR, 'tegangan maksimum sadapan' titik pengubah-sadapan' titik pengubah-sadapan antara VTFR dan VTFR harus dengan waktu yang sama pada 'sadapan arus maksimum'. Ini berarti bahwa arus belitan yang tidak bersadapan tetap konstan sampai sadapan ekstrim positif (gambar 1c)).

5.4 Spesifikasi sadapan permintaan keterangan dan pemesanan

Data berikut diperlukan untuk menentukan desain transformator.

- a) Belitan yang harus disadap
- b) Jumlah sadapan dan langkah sadapan (atau julat sadapan dan jumlah langkah sadapan). Jika tidak dispesifikasikan lain harus diasumsikan bahwa julat sadapan adalah simetris dengan sadapan utama dan bahwa langkah sadapan dalam belitan yang mempunyai sadapan adalah sama. Bila untuk beberapa alasan desain yang mempunyai langkah yang tidak sama, hal ini harus dinyatakan pada saat tender.
- c) Kategori variasi tegangan dan bila variasi yang dikombinasi diterapkan, titik pengubah-sadapan ('sadapan tegangan maksimum', lihat 5.2).
- d) Apakah pembatasan arus maksimum (sadapan daya-kurang) harus diterapkan, dan bila demikian, untuk sadapan-sadapan yang mana.

Sebagai pengganti butir c) dan d), lebih menguntungkan bila digunakan tabulasi jenis yang sama dengan yang digunakan pada pelat pengenalan (lihat contoh dalam lampiran B).

Spesifikasi data ini dapat diselesaikan dalam dua cara yang berbeda:

- Apakah pengguna dapat menspesifikasikan semua data dari awal, di dalam permintaan.
- Alternatifnya, pengguna dapat mengajukan kasus-kasus pembebanan dengan nilai daya aktif dan reaktif (dengan jelas menunjukkan arah aliran daya), dan berkaitan dengan tegangan berbeban yang bersesuaian.

Kasus-kasus ini harus menunjukkan nilai ekstrim rasio tegangan daya-penuh dan daya-kurang (lihat "metode enam parameter" dari IEC 60606). Berdasarkan informasi ini pabrikan kemudian memilih belitan sadapan dan menentukan besaran pengenalan dan besaran sadapan di dalam proposal tendernya.

5.5 Spesifikasi impedans hubung-singkat

Jika tidak dispesifikasikan lain, impedans hubung-singkat dari sepasang belitan diacu terhadap sadapan utama (ayat 3.7.1). Untuk transformator yang mempunyai belitan bersadapan dengan julat sadapan melebihi $\pm 5\%$, nilai-nilai impedans juga diberikan untuk kedua sadapan ekstrim. Pada transformator seperti pengujian di atas ketiga nilai impedans ini harus juga diukur selama pengujian hubung-singkat (lihat sub ayat 10.4).

Bila nilai impedans diberikan untuk beberapa sadapan, dan khususnya bila belitan-belitan pasangan mempunyai nilai daya pengenalan tidak sama, disarankan agar nilai impedans diberikan dalam ohm per fase, mengacu pada salah satu belitannya, daripada nilai dalam persentase. Nilai persentase dapat menimbulkan keraguan karena dalam prakteknya bervariasi terhadap nilai acuan.

Bilamana nilai persentase yang diberikan disarankan bahwa daya acuan dan nilai tegangan acuan ditunjukkan secara jelas.

CATATAN Pemilihan nilai impedans oleh pemakai mengalami hal yang bertentangan: pembatasan turunkan tegangan terhadap pembatasan arus lebih pada kondisi gangguan sistem. Optimisasi ekonomis dari desain kaitannya dengan rugi-rugi akan mengarah pada nilai julat impedans tertentu. Operasi paralel dengan suatu transformator yang ada memerlukan nilai impedans yang sesuai (lihat ayat 4 publikasi IEC 60606).

Jika permintaan keterangan memuat spesifikasi yang tidak hanya impedans pada julat sadapan utama tetapi juga variasi seluruh julat sadapan, ini berarti suatu pembatasan yang sangat penting pada desain (penempatan belitan-belitan dalam hubungannya dengan belitan lain). Maka spesifikasi rinci seperti itu, seharusnya tidak ditebitkan tanpa alasan yang baik. Cara menentukan nilai impedans hubung-singkat di dalam permintaan keterangan di luar tingkat batas desain, menyatakan julat yang dapat diterima antara batas atas dan batas bawah dari seluruh julat sadapan. Cara ini dapat dilakukan dengan alat bantu berupa grafik atau tabel.

Pembatasan harus sedemikian besarnya untuk memperbolehkan kedua-sisi toleransi yang dijelaskan ayat 9 untuk diterapkan pada nilai tengahnya. Contohnya diperlihatkan dalam lampiran C. Pabrikan harus memilih dan menjamin nilai impedans untuk sadapan utama dan untuk sadapan-sadapan ekstrim antara perbatasan tersebut. Nilai ukur dapat menyimpang dari nilai yang digaransi di dalam toleransi menurut ayat 9, tetapi penyimpangannya harus tidak terlalu besar dalam batasan toleransinya.

5.6 Rugi beban dan kenaikan suhu

- a) Jika julat sadapan dalam $\pm 5\%$ dan daya pengenalan tidak lebih 2500 kVA, garansi rugi beban dan kenaikan suhu mengacu hanya sadapan utama, dan uji kenaikan suhu dilakukan pada sadapan tersebut.
- b) Bila julat sadapan melebihi $\pm 5\%$ atau daya pengenalan di atas 2500 kVA, maka harus dinyatakan untuk sadapan-sadapan mana, sebagai tambahan pada sadapan utama, rugi-rugi beban digaransi oleh pabrikan. Rugi-rugi beban ini mengacu kepada nilai-nilai arus sadapan yang relevan. Batas-batas kenaikan suhu berlaku untuk semua sadapan, pada daya sadapan, tegangan sadapan dan arus sadapan yang sesuai.

Uji jenis kenaikan suhu, jika dispesifikasikan, harus dilakukan hanya pada satu sadapan, jika tidak ada persetujuan lain, dilakukan pada sadapan arus maksimum (biasanya sadapan dengan rugi beban tertinggi). Rugi total untuk sadapan yang dipilih adalah daya uji untuk penentuan kenaikan suhu minyak selama uji kenaikan suhu, dan arus sadapan untuk sadapan itu adalah arus acuan untuk penentuan dari kenaikan suhu belitan di atas kenaikan suhu minyak. Informasi tentang aturan dan pengujian mengenai kenaikan suhu transformator terendam minyak (lihat IEC 60076-2).

Pada prinsipnya, uji jenis kenaikan suhu dapat memperlihatkan bahwa perlengkapan pendingin cukup untuk disipasi rugi total maksimum pada setiap sadapan, dan bahwa kenaikan suhu di atas suhu sekitar setiap belitan, pada setiap sadapan, tidak melebihi nilai maksimum yang dispesifikasikan.

Maksud kedua biasanya mengharuskan 'sadapan arus maksimum' dipilih untuk pengujian. Tetapi rugi total yang diinjeksikan supaya menentukan kenaikan suhu minyak maksimum harus sesuai dengan nilai tertinggi untuk setiap sadapan, sekalipun jika sadapan lainnya dihubungkan untuk pengujian (lihat sub ayat 5.2 IEC 76-2).

6 Simbol hubungan dan pergeseran fase untuk transformator fase-tiga

Hubungan bintang, delta atau zigzag dari satu set belitan fase transformator fase-tiga atau belitan dari tegangan yang sama dari transformator tunggal yang terhubung dalam gugus fase-tiga harus ditandai dengan huruf besar Y, D atau Z untuk belitan tegangan tinggi (TT) dan huruf kecil y, d atau z untuk belitan tegangan menengah atau rendah (TR). Bila titik netral belitan hubungan bintang atau belitan hubungan zigzag dikeluarkan, masing-masing harus ditandai YN (yn) atau ZN (zn).

Belitan terbuka dalam transformator fase-tiga (yang tidak dihubungkan bersama di dalam transformator tetapi mempunyai kedua ujung dari setiap belitan fase yang dikeluarkan ke terminal) ditandai dengan III (TT), iii (belitan tegangan menengah atau rendah).

Untuk pasangan belitan terhubung-oto, simbol belitan tegangan rendah diganti dengan 'Oto' atau "o" seperti contoh 'YNOto' atau YNO, atau 'YnoO', 'ZNo11'.

Simbol huruf untuk belitan yang berbeda dari transformator dinotasikan dengan urutan yang menurun dari tegangan pengenalnya. Huruf hubungan belitan untuk setiap belitan tegangan rendah-tengah kemudian diikuti dengan pergeseran fase 'Angka jam' (lihat definisi 3.10.6). Tiga contoh diperlihatkan di bawah dan diilustrasikan dalam gambar 2.

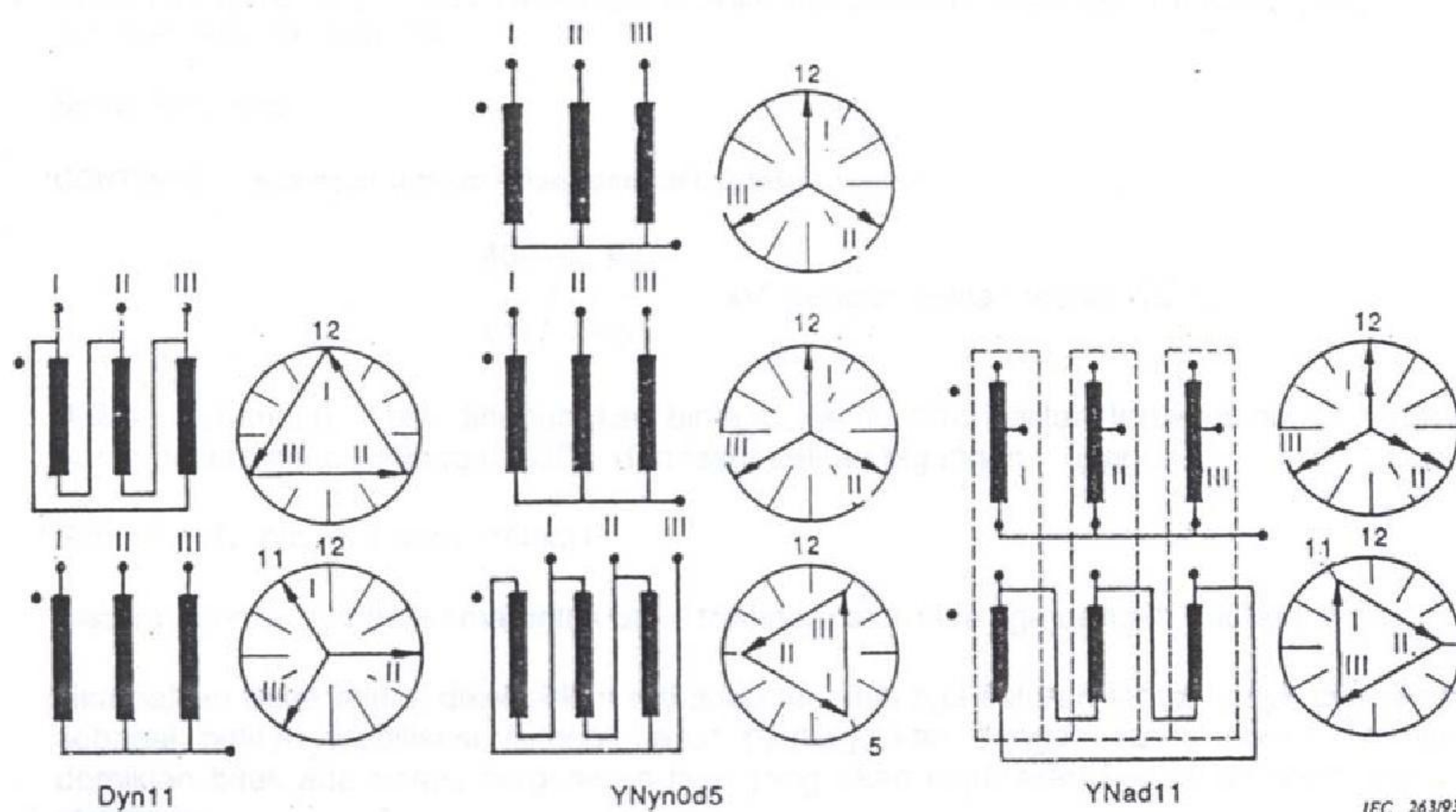
Belitan stabilisasi (belitan terhubung-delta yang tidak ada terminalnya untuk pembebanan fase-tiga luar) ditandai setelah simbol belitan yang dapat dibebani, dengan simbol '+d'.

Bila transformator dispesifikasikan dengan hubungan belitan yang dapat dirubah (seri-paralel atau Y-D), kedua hubungan tersebut dapat dinotasikan, dikopel dengan tegangan pengenal yang sesuai seperti yang ditunjukkan dalam contoh berikut:

$$\begin{array}{l} 220 (110) / 10.5 \text{ kV YN (YN) d 11} \\ 110/11 (63.5) \text{ kV YNy0 (d 11)} \end{array}$$

Informasi selengkapnya diberikan pada pelat pengenal lihat sub ayat 7.2.e).

Contoh: hubungan dalam penggunaan umum, dengan diagram hubungan diperlihatkan pada lampiran D.



Gambar 2 Tiga contoh – ilustrasi notasi “Angka jam”

Diagram dengan penandaan terminal, dan dengan penandaan transformator arus terpasang - tetap bila digunakan, dapat dicantumkan pada pelat pengenalan bersama dengan informasi tertulis yang dispesifikasikan dalam Ayat 7.

Konversi notasi berikut diterangkan

Diagram hubungan yang memperlihatkan belitan tegangan – tinggi di atas dan belitan tegangan – rendah di bawah (Arah tegangan induksi dinyatakan).

Diagram fasor belitan tegangan tinggi disesuaikan dengan fase I menunjukkan pukul 12. Fasor fase I dari belitan tegangan rendah disesuaikan menurut hubungan tegangan induksi yang menghabiskan hubungan yang diperlihatkan.

Arah putaran diagram fasor berlawanan dengan arah jarum jam, memberikan urutan I-II-III.

CATATAN Pemberian angka-angka ini bisa berubah-ubah. Penandaan terminal pada transformator mengikuti aturan nasional.

CATATAN 1 Transformator distribusi dengan belitan tegangan tinggi 20 kV, hubungan – delta. Belitan tegangan rendah 400 V terhubung – bintang dengan netral dikeluarkan. Belitan TR ter – tinggal 330 ° dari belitan TT.

Simbol : Dyn11

CONTOH 2 Transformator tiga – belitan terhubung bintang 123 kV dengan netral dikeluarkan, 36 kV terhubung bintang dengan netral dikeluarkan di dalam fase belitan TT tetapi tidak terhubung – oto, 7,2 kV hubungan delta, tertinggal 150 °.

Simbol YNyn0d5

CONTOH 3 Kelompok dari oto – transformator tiga fase – tunggal.

$$\frac{400}{\sqrt{3}} / \frac{300}{\sqrt{3}} \text{ kV dengan belitan tersier } 22 \text{ kV.}$$

Belitan hubungan – oto dihubungkan bintang, sementara belitan tersier dihubungkan delta. Fasor belitan delta tertinggal 330 ° dari fasor belitan tegangan – tinggi.

Simbol : YN oto dII atau YNodII

Secara internal symbol sama untuk oto – transformator fase tiga dengan hubungan sama.

Jika belitan delta tidak dikeluarkan terhadap terminal tiga saluran tetapi hanya dilengkapi sebagai belitan stabilisasi, simbol dapat menunjukkan dengan tanda positif. Dengan demikian tidak ada notasi pergeseran fase yang akan digunakan kemudian untuk belitan stabilisasi.

Simbol : YN oto +d

7 Pelat pengenalan

Transformator harus dilengkapi dengan pelat pengenalan yang terbuat dari bahan tahan cuaca terpasang pada posisi yang mudah dilihat, menunjukkan informasi yang dinyatakan di bawah ini. Data pada pelat pengenalan harus tidak mudah dihapus.

7.1 Informasi yang diberikan dalam semua kasus

- jenis transformator (untuk contoh transformator, oto transformator, transformator penguat dan sebagainya).
- nomor standar ini.
- nama pabrikan.
- nomor serial pabrikan.
- tahun pembuatan.
- jumlah fase.
- daya pengenalan (dalam kVA atau MVA). (Untuk transformator multi belitan), daya pengenalan setiap belitan harus diberikan. Kombinasi pembebanan juga harus ditunjukkan kecuali jika daya pengenalan dari salah satu belitan, merupakan jumlah daya pengenalan dari belitan lainnya.
- frekuensi pengenalan (dalam Hz).
- tegangan pengenalan (dalam V atau kV) dan julat sadapan.
- arus pengenalan (dalam A atau kA).
- simbol hubungan.
- impedans hubung – singkat, nilai terukur dalam persentase. Untuk transformator multi belitan beberapa impedans untuk kombinasi dua – belitan yang berbeda masing-masing diberikan dengan nilai daya acuan. Untuk transformator yang mempunyai belitan sadapan lihat juga 5.5 dan butir b) dari 7.2.

- m) jenis pendinginan (bila transformator mempunyai beberapa metode pendinginan, nilai daya masing – masing dapat dinyatakan dalam persentase daya pengenalan, seperti contoh ONAN/ONAF 70/100 %).
- n) massa total.
- o) massa minyak isolasi.

Bila transformator mempunyai lebih dari satu set pengenalan, tergantung pada hubungan belitan yang berbeda yang masih diperbolehkan khususnya untuk desain, semua pengenalan tambahan harus diberikan pada pelat pengenalan, atau pelat pengenalan yang terpisah harus dipasang untuk setiap set.

7.2 Jika diperlukan informasi tambahan yang diberikan jika perlukan

- a) Untuk transformator mempunyai satu atau lebih belitan dengan 'tegangan tertinggi untuk perlengkapan' U_m sama dengan atau lebih dari 3,6 kV:
 - Notasi pendek dari tingkat isolasi (tegangan ketahanan) dijelaskan dalam ayat 3 IEC 60076-3.
- b) Untuk transformator yang mempunyai belitan sadapan, hal khusus tentang sadapan sebagai berikut:
 - Untuk transformator yang mempunyai julat sadapan tidak lebih $\pm 5\%$: tegangan sadapan pada belitan sadap untuk semua sadapan. Penerapan ini khusus untuk transformator distribusi.
 - Untuk transformator yang mempunyai julat sadapan melebihi $\pm 5\%$: Tabel yang menyatakan tegangan sadapan, arus sadapan dan daya sadapan untuk semua sadapan. Sebagai tambahan nilai impedans hubung – singkat untuk sadapan utama dan sekurang-kurangnya pada sadapan ekstrim harus diberikan, lebih disukai dalam ohm per fase diacu pada belitan spesifik.
- c) Kenaikan suhu minyak bagian atas dan belitan (bila buka nilai normal). Jika transformator dispesifikasikan untuk pemasangan pada ketinggian di atas permukaan laut, ini harus dinyatakan, bersama informasi lainnya tentang pengurangan angka-angka kenaikan suhu yang berlaku pada suhu sekitar normal, atau pembebanan berkurang yang akan menghasilkan dalam kenaikan suhu normal tinggi diatas permukaan laut (transformator standar dengan kapasitas pendinginan normal).
- d) Cairan isolasi, bila bukan minyak mineral.
- e) Diagram hubungan (kondisi dimana symbol hubungan tidak akan memberikan informasi lengkap berkenaan dengan hubungan internal). Jika hubungan dapat diubah di dalam transformator, ini harus dinyatakan pada pelat terpisah atau pelat pengenalan duplikasi. Hubungan yang dipasang pada saat pengerjaan harus ditunjukkan.
- f) Massa transportasi (untuk transformator melebihi total massa 5 ton).
- g) Massa kosong (untuk transformator melebihi massa total 5 ton).
- h) Kemampuan ketahanan ruang hampa tangki dan konservator.

Sebagai tambahan untuk pelat pengenalan utama dengan informasi di atas, transformator harus juga dilengkapi dengan pelat cadangan dengan identifikasi dan karakteristik perlengkapan bantu menurut standar untuk komponen-komponen seperti (busing, pengubah – sadapan, transformator arus, perlengkapan pendingin khusus).

8 Persyaratan lain

8.1 Dimensi hubungan setral

Konduktor netral dan terminal transformator yang dimaksudkan untuk diberi beban antara fase dan netral (contohnya, transformator distribusi) harus dimensinya disesuaikan dengan arus beban dan arus gangguan – bumi (lihat IEC 60606).

Konduktor netral dan terminal transformator yang tidak dimaksudkan untuk diberi beban antara fase dan netral dimensinya harus disesuaikan dengan arus gangguan – bumi.

8.2 Sistem pemeliharaan minyak

Untuk transformator terendam minyak dari jenis sistem pemeliharaan minyak harus dispesifikasikan di dalam permintaan keterangan dan pemesanan. Jenis tersebut dibedakan sebagai berikut :

- Pemasukan udara bebas atau sistem konservator dimana hubungan antara udara sekitar dan ruang ekspansi berisi – udara di atas permukaan minyak, di dalam tangki atau di dalam konservator. Penjaring kelembaban udara biasanya dipasang dalam hubungan dengan udara luar.
- Sistem pemeliharaan minyak jenis – diafragma dengan volume udara ekspansi pada tekanan atmosfer diadakan di atas minyak tetapi dicegah kontak langsung dengan minyak tersebut dengan diafragma fleksibel atau "bladder".
- Sistem tekanan gas ringan (inert) dengan ruang ekspansi di atas minyak diisi dengan gas ringan kering pada sedikit tekanan – lebih, dihubungkan baik ke sumber tekanan terkontrol maupun bladder elastis.
- Sistem tangki – tertutup rapat dengan bantalan – gas, dengan volume gas di atas permukaan minyak di dalam tangki kaku menampung ekspansi minyak pada tekanan yang berbeda.
- Sistem pengisian tertutup sempurna dimana ekspansi minyak diperoleh dari pergeseran elastis tutup permanen, biasanya tangki bergelombang.

8.3 Pelepasan beban seketika pada transformator generator

Transformator yang akan dihubungkan langsung dengan generator dengan cara tertentu dan mungkin terkena pelepasan beban seketika, harus mampu menahan 1,4 kali tegangan pengenal pada transformator yang tersambung ke generator selama 5 detik.

9 Toleransi

Tidak selalu mungkin khususnya untuk transformator ukuran besar, transformator multi belitan dengan tegangan pengenal relatif rendah, untuk mendapatkan rasio lilitan yang sesuai dengan rasio tegangan pengenal dengan ketelitian tinggi. Ada juga besaran lain yang tidak dapat diperoleh secara akurat pada saat tender, atau yang didasarkan pada pembuatan dan pengukuran yang tidak pasti.

Karena itu toleransi dibutuhkan untuk nilai garansi tertentu.

Tabel 1 memberikan toleransi yang diterapkan pada besaran pengenal tertentu dan besaran bilamana hal itu menjadi pokok acuan jaminan pabrikan untuk standar ini. Bila di dalam satu arah diabaikan maka tidak ada pembatasan nilai kearah Tabel 3.

Transformator dianggap memenuhi bagian ini bilamana besaran untuk toleransi tidak di luar toleransi yang diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Toleransi

Butir	Toleransi
1. a) Rugi total lihat catatan 1 b) Rugi komponen lihat catatan 2	+ 10 % dari rugi total + 15 % dari setiap rugi komponen termasuk toleransi rugi total yang tidak dilampaui
2. Rasio tegangan tanpa beban pada sadapan utama untuk menentukan pasangan belitan pertama Rasio tegangan pada pasangan sama untuk sadapan lain Rasio tegangan untuk pemasangan selanjutnya	Nilai paling rendah berikut : a) 0,5 % dari rasio yang dinyatakan b) $\pm 1/10$ dari persentase sesungguhnya impedans pada sadapan utama untuk disetujui, tetapi tidak kurang dari nilai terkecil dari a) dan b) untuk disetujui, tetapi tidak kurang dari nilai terkecil dari a) dan b)
3. Impedans hubung – singkat untuk : - transformator belitan terpisah dengan dua- belitan, atau - sertifikasi pasangan pertama belitan terpisah dalam transformator multi belitan - banyak a) Sadapan utama b) Untuk pasangan sadapan yang lain	bila nilai impedans ≥ 10 % maka toleransinya $\pm 7,5$ % dari nilai yang dinyatakan bila nilai impedans < 10 % maka toleransinya ± 10 % dari nilai yang dinyatakan bila nilai impedans ≥ 10 % maka toleransinya $\pm 7,5$ % dari nilai yang dinyatakan Bila nilai impedans < 10 % maka toleransinya ± 15 % dari nilai yang dinyatakan
4. Impedans hubung – singkat untuk: - Pasangan belitan terhubung – oto atau - Pasangan kedua belitan dari belitan yang ditentukan terpisah dalam transformator multi belitan a) Sadapan utama b) Untuk pasangan sadapan lain - Pasangan belitan selanjutnya	± 10 % untuk nilai yang dinyatakan ± 15 % untuk nilai yang dinyatakan sadapan tersebut untuk disetujui, tetapi ≥ 15 %
5. Arus tanpa beban	+ 30 % dari nilai yang dinyatakan
CATATAN 1 Toleransi rugi-rugi dari transformator belitan – banyak diterapkan pada setiap pasangan belitan jika garansi tidak menyatakan pada kondisi beban yang ditentukan.	
CATATAN 2 Untuk transformator – oto dan transformator penguat tertentu, impedans terkecil dibenarkan untuk toleransi yang lebih besar transformator yang mempunyai julat sadapan yang besar, khususnya bila julat tersebut tidak simetris, dapat juga disyaratkan sebagai pertimbangan khusus. Dengan kata lain, misalnya bila transformator digabung dengan unit yang terdapat sebelumnya, dapat dibenarkan untuk ditentukan dan disetujui pada toleransi impedans terkecil. Kondisi toleransi khusus harus diperhatikan pada saat tender, dan toleransi yang diperbaiki perlu disetujui antara pabrikan dan pembeli.	
CATATAN 3 “Nilai yang dinyatakan” harus dimengerti nilai yang ditetapkan oleh pabrikan.	

10 Pengujian

10.1 Persyaratan umum untuk uji rutin, uji jenis dan uji khusus

Transformator harus dikenakan pengujian untuk yang seperti ditentukan di bawah ini

Pengujian harus dilakukan pada setiap suhu sekitar antara 10 °C dan 40 °C dan dengan air pendingin (jika disyaratkan) pada setiap suhu yang tidak melebihi 25 °C.

Pengujian harus dilakukan di pabrik, bila tidak ada persetujuan lain antara pabrikan dan pemesan. Semua komponen eksternal dan fitting yang dapat mempengaruhi unjuk kerja transformator, selama pengujian harus terpasang pada tempatnya.

Belitan yang disadap harus dihubungkan pada sadapan utamanya jika tidak ada sub ayat yang disyaratkan atau jika tidak ada persetujuan antara pabrikan dan pembeli.

Pengujian pokok untuk semua karakteristik selain isolasi adalah kondisi pengenalan, kecuali jika ayat pengujian menyatakan lain.

Semua sistem pengukuran yang digunakan untuk pengujian harus yang telah disertifikasi, ketelitiannya tertelusur dan mengalami kalibrasi secara periodik menurut atauran 4.11 ISO 9001.

CATATAN Persyaratan khusus ketelitian dan pengesahan sistem pengukuran dalam pertimbangan (lihat IEC 60606).

Bila disyaratkan bahwa hasiluji ini dikoreksi pada suhu acuan maka harus :

- untuk transformator terendam minyak: 75 °C.
- untuk transformator jenis kering: menurut persyaratan umum pengujian di dalam IEC 60726.

10.1.1 Uji rutin

- a) Pengukuran resistans belitan (10.2).
- b) Pengukuran rasio tegangan dan pengecekan pergeseran fase (10.3).
- c) Pengukuran impedans hubung – singkat dan rugi beban (10.4).
- d) Pengukuran rugi dan arus tanpa beban (10.5).
- e) Uji rutin dielektrik (IEC 60076-3).
- f) Pengujian pada pengubah sadapan berbeban, bila sesuai (10.8).

10.1.2 Uji jenis

- a) Uji kenaikan suhu (IEC 60076-2).
- b) Uji jenis dielektri (IEC 60076-3).

10.1.3 Uji khusus

- a) Uji khusus dielektrik (IEC 60076-3).
- b) Penentuan kapasitans belitan terhadap bumi, dan kapasitans antar belitan;
- c) Penentuan karakteristik alih tegangan transien.
- d) Pengukuran impedans urutan – nol pada taransformator fase – tiga (10.7).
- e) Uji tahan hubung – singkat (IEC 60076-5).

- f) Penentuan tingkat bunyi (IEC 600551).
- g) Pengukuran harmonic arus tanpa beban (10.6).
- h) Pengukuran penggunaan daya oleh kipas angin dan motor pompa minyak.
- i) Pengukuran resistansi isolasi belitan terhadap bumi, dan/ atau faktor rugi-rugi ($\tan \delta$) dari kapasitansi isolasi. (Pengukuran ini merupakan nilai acuan untuk pembandingan dengan pengukuran selanjutnya di lapangan. Tanpa pembatasan nilai yang diberikan).

Jika metode uji tidak ditentukan dalam standar ini, atau jika pengujian selain dari yang tercantum di atas, dibuat spesifikasi dalam kontrak, metode pengujian tersebut berdasarkan kesepakatan.

10.2 Pengukuran resistansi belitan

10.2.1 Umum

Resistansi setiap belitan, antar terminal yang diukur dan suhu belitan, harus dicatat. Arus searah harus digunakan untuk pengukuran ini.

Dalam seluruh pengukuran resistansi, harus diperhatikan bahwa pengaruh pengurangan induksi – sendiri.

10.2.2 Transformator jenis – kering

Sebelum pengukuran, transformator harus ditempatkan pada suhu sekitar minimum 3 jam.

Resistansi belitan dan suhu belitan harus diukur pada saat yang sama. Suhu belitan harus diukur dengan sensor yang ditempatkan pada posisi yang tepat sebaiknya dibagian dalam kumpulan belitan misalnya bagian atas dan bawah.

10.2.3 Transformator jenis terendam minyak

Setelah transformator terendam minyak tanpa penguatan (eksitasi) selama sekurang-kurangnya 3 jam, suhu minyak rata-rata harus ditentukan dan suhu belitan dianggap sama dengan suhu minyak rata-rata. Suhu minyak rata-rata diperoleh sebagai rata-rata suhu minyak bagian atas dan bawah.

Bila pengukuran resistansi pada kondisi dingin untuk maksud penentuan kenaikan suhu, upaya khusus harus dilakukan untuk menentukan suhu belitan rata-rata yang akurat. Kemudian, perbedaan suhu antara minyak bagian atas dan bawah harus kecil. Untuk memperoleh hasil ini dengan cepat minyak harus disirkulasikan dengan pompa.

10.3 Pengukuran rasio tegangan dan pengecekan pergeseran fase

Rasio tegangan harus diukur pada setiap sadapan. Polaritas belitan transformator fase – tunggal dan simbol hubungan transformator fase – tiga harus dicek.

10.4 Pengukuran impedansi hubung – singkat dan rugi beban

Impedansi hubung – singkat dan rugi beban untuk pasangan belitan harus diukur pada frekuensi pengenal dengan tegangan mendekati sinusoidal diterapkan pada terminal dari satu belitan, dengan terminal belitan lainnya dihubungkan singkat dan sedapat mungkin belitan lainnya terbuka. (Untuk pemilihan sadapan pada pengujian, lihat Sub Ayat 5.5 dan 5.6). Arus yang disuplai harus sama dengan arus pengenal yang relevan (arus sadapan) tetapi harus tidak kurang dari 50 % nya. Pengukuran harus dilakukan dengan cepat sehingga kenaikan

suhu tidak menyebabkan kesalahan yang berarti. Perbedaan suhu antara minyak bagian atas dan bawah harus cukup kecil untuk mendapatkan suhu rata-rata yang ditentukan akurat. Jika sistem pendinginan adalah OF atau OD, pompa dapat digunakan untuk mencampur minyak.

Nilai terukur dari rugi beban dikalikan dengan kuadrat rasio arus pengenal (arus sadapan) terhadap arus uji. Hasilnya dikoreksi terhadap suhu acuan (10.1). Rugi I^2R (R adalah resistansi a.s), diperoleh sebagai bervariasi langsung dengan resistansi belitan dan semua rugi-rugi lain berbanding terbalik dengan resistansi belitan. Pengukuran resistansi belitan harus dilakukan sesuai 10.2. Prosedur koreksi suhu dirinci dalam lampiran E.

Impedansi hubung – singkat dinyatakan sebagai reaktansi dan resistansi a.b.b terhubung seri. Impedansi dikoreksi terhadap suhu acuan terhadap suhu acuan yang dapat dianggap bahwa reaktansi adalah konstan dan resistansi a.b.b berasal dari variasi rugi beban seperti yang diuraikan di atas.

Pada transformator yang mempunyai belitan bersadapan dengan julat sadapan melebihi $\pm 5\%$. Impedansi hubung – singkat harus diukur pada sadapan utama dan dua sadapan ekstrim.

Pada transformator tiga – belitan, pengukuran dilakukan pada tiga kombinasi dua – belitan yang berbeda. Hasilnya dihitung kembali, impedansi yang ditentukan dan rugi untuk belitan tersendiri (lihat IEC 60606). Rugi-rugi total untuk hal pembebanan tertentu termasuk semua belitan yang ditentukan.

CATATAN 1 Untuk transformator dengan dua – belitan sekunder yang mempunyai daya pengenal dan tegangan pengenal sama serta impedansi sama terhadap belitan primer (kadang-kadang diacu pada transformator skunder rangkap), dapat disetujui untuk diperiksa pembebanan yang semestinya dengan uji tambahan kedua belitan skunder dihubungkan singkat secara serentak.

CATATAN 2 Pengukuran rugi beban pada transformator besar yang mensyaratkan pertimbangan untuk memelihara dan pengukuran perlengkapan yang baik karena faktor daya rendah dan seringnya arus uji yang besar. Koreksi untuk kesalahan pengukuran transformator dan untuk resistansi hubungan uji yang harus diterapkan kecuali tidak dapat diabaikan (lihat IEC 60606).

10.5 Pengukuran rugi tanpa beban dan arus tanpa – beban

Rugi tanpa – beban dan arus tanpa – beban harus diukur di salah satu belitan pada frekuensi pengenal dan pada tegangan yang bersesuaian dengan tegangan pengenalnya jika pengujian dilakukan pada sadapan utama, atau tegangan sadapan yang cocok bila pengujianya dilakukan pada sadapan lainnya. Belitan lainnya atau belitan dibiarkan terbuka disebelah kiri dan setiap belitan yang dapat dihubungkan delta – terbuka harus mempunyai delta – tertutup.

Transformator harus mendekati suhu sekitar pabrik.

Untuk transformator fase tiga pemilihan belitan dan hubungan terhadap sumber daya untuk pengujian harus dibuat, sedapat mungkin, tegangannya simetris dan sinusoidal melalui tiga kaki belitan.

Tegangan uji harus diatur sesuai dengan voltmeter yang membaca nilai rata-rata tegangan tetapi skala untuk membaca nilai efektif dari gelombang sinusoidal yang mempunyai nilai rata-rata sama. Pembacaan volt meter ini dinyatakan sebagai U^1 .

Pada saat yang sama voltmeter yang membaca nilai tegangan efektif harus dihubungkan – paralel dengan volt meter rata-rata dan tegangan U yang ditunjukkan harus dicatat.

Bila transformator fase tiga diuji, tegangan harus diukur antar terminal saluran bila belitan terhubung YN atau ZN di energais, maka antara diukur tegangan antara fase dan netral.

Bentuk gelombang tegangan uji yang memuaskan adalah jika pembacaan U^1 dan U sama dengan toleransi 3 %.

CATATAN Kondisi pembebanan yang sangat berat dapat diterima untuk keakuratan sumber tegangan uji biasanya menggunakan transformator fase – tunggal ukuran besar.

Rugi tanpa – beban yang diukur adalah P_m , dan koreksi rugi tanpa – beban diperoleh sebagai :

$$P_o = P_m (1 + d)$$

$$D = \frac{U^1 - U}{U} \quad (\text{umumnya bernilai negative})$$

Bila perbedaan antara pembacaan voltmeter lebih besar dari 3 %, keabsahan pengujian berdasarkan kesepakatan.

Nilai efektif arus tanpa beban diukur pada waktu yang sama disebut sebagai rugi-rugi. Untuk transformator fase tiga, nilai rata-rata pembacaan dalam fase tiga diperoleh.

CATATAN Di dalam penentuan tempat uji tanpa – beban dalam urutan uji yang lengkap, harus diingat kembali pengukuran rugi tanpa beban dilakukan sebelum uji impuls dan/ atau uji kenaikan suhu, pada umumnya, diwakili tingkat rugi rata-rata pada pelayanan dengan waktu yang lama. Pengukuran setelah pengujian lainnya kadang-kadang memperlihatkan nilai yang lebih tinggi yang disebabkan tempat panas (spiting) antara tepi alas selama uji impuls dan sebagainya. Pengukuran tersebut tidak dapat mewakili rugi-rugi dalam pelayanan.

10.6 Pengukuran harmonik arus tanpa beban

Harmonik arus tanpa – beban dalam fase tiga diukur dan besaran harmonik dinyatakan dalam persentasi komponen dasar.

10.7 Pengukuran impedans urutan – nol pada transformator fase – tiga

Impedans urutan-nol diukur pada frekuensi pengenal, antara terminal saluran dari belitan terhubung bintang atau terhubung zigzag yang saling dihubungkan, dengan terminal netralnya. Impedans tersebut dinyatakan dalam ohm/fase dan besarnya adalah $3U/I$, dimana U adalah tegangan uji dan I adalah arus uji.

Arus uji per fase $I/3$ harus dinyatakan

Perlu dijamin bahwa besarnya arus pada penghubung netral, sudah sesuai dengan kemampuan hantar arusnya.

Dalam hal transformator dengan belitan terhubung – delta tambahan, nilai arus uji perlu harus sedemikian agar arus pada belitan terhubung – delta tersebut tidak berlebihan, dengan memperhatikan perhitungan lamanya penerapan.

Bila pada sistem urutan-nol tidak ada ampere-lilitan penyeimbang, seperti pada transformator terhubung bintang tanpa belitan delta, tegangan yang diberikan tidak boleh melebihi tegangan fase-ke-netral pada operasi normal. Arus di netral dan lama penerapan,

yang dibatasi untuk menghindari terjadinya suhu yang berlebihan pada bagian konstruksi logamnya.

Dalam hal transformator mempunyai belitan terhubung – bintang dan terminal netral yang lebih dari satu, maka impedans urutan nol tergantung dari hubungannya (lihat 3.7.3) dan pengujiannya perlu disepakati terlebih dahulu antara pabrikan dan pembeli.

Oto – transformator dengan terminal netral yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke bumi secara permanen, dapat diperlakukan sebagai transformator biasa dengan dua belitan terhubung – bintang. Oleh karena itu belitan seri dan belitan bersama membentuk satu sirkuit ukur dan belitan bersama itu sendiri bersama membentuk sirkuit ukur dengan yang lainnya. Pengukuran dilaksanakan dengan arus yang besarnya tidak melebihi perbedaan antara arus pengenal di sisi tegangan rendah dengan sisi tegangan tinggi.

CATATAN 1 Dalam kondisi tanpa ampere-lilitan penyeimbang, maka hubungan antara tegangan dan arus umumnya tidak linier. Pada beberapa hal tersebut beberapa pengukuran nilai arus yang berbeda dapat memberikan informasi yang berguna.

CATATAN 2 Impedans urutan nol tergantung dari disposisi fisik belitan dan bagian magnetik serta pengukuran pada belitan yang berbeda tidak dapat disetujui.

10.8 Pengujian pada pengubah sadapan berbeban

10.8.1 Uji operasi

Dengan seluruh pengubah – sadapan terpasang di transformator urutan operasi berikut harus dilakukan tanpa adanya kegagalan:

- Dengan transformator tidak dienerjais, delapan siklus operasi lengkap (siklus operasi dimulai dari satu ujung julat sadapan dengan lainnya, dan kemudian balik kembali).
- Dengan transformator tidak dienerjais, dan tegangan Bantu dikurangi sampai 85 % dari nilai pengenalnya, disebut satu siklus operasi lengkap.
- Dengan transformator dienerjais pada tegangan dan frekuensi pengenal tanpa-beban, disebut satu siklus operasi lengkap.
- Dengan satu belitan dihubung – singkat, dan sejauh dapat dilalui arus pengenal dalam belitan yang disadap, 10 operasi pengubah sadapan melalui julat dari dua langkah pada setiap sisi dimana pemilih pengubah maju atau mundur beroperasi atau sebaliknya dari sadapan tengah.

10.8.2 Pengujian isolasi sirkuit Bantu

Setelah pengubah sadapan dipasang pada transformator, pengujian frekuensi daya harus diterapkan pada sirkuit bantu seperti yang dispesifikasikan pada IEC 60076-3.

11 Kesesuaian elektromagnetik (KEM)

Transformator daya harus dianggap sebagai elemen pasif yang ada hubungan dengan emisi dan imunitas terhadap gangguan elektromagnetik.

CATATAN 1 Kelengkapan tertentu dapat pakai interferensi elektromagnetik.

CATATAN 2 Elemen pasif tidak dapat dikenakan untuk memasukkan gangguan elektromagnetik dan kinerjanya tidak dapat dikenakan untuk dipengaruhi oleh gangguan yang demikian.

Lampiran A (Normatif)

Informasi yang diperlukan untuk permintaan keterangan dan pemesanan

A.1 Nilai pengenalan dan data umum

A.1.1 Informasi normal

Informasi berikut ini harus diberikan dalam semua hal:

- a) Spesifikasi tertentu untuk transformator yang harus dipenuhi.
- b) Jenis transformator, misalnya transformator belitan terpisah, oto – transformator atau transformator penguat.
- c) Unit fase – tunggal atau fase – tiga.
- d) Jumlah fase di dalam sistem.
- e) Frekuensi.
- f) Jenis – kering atau jenis – terendam minyak, jika jenis terendam minyak, apakah minyak mineral atau cairan isolasi sintetis. Jika jenis kering, tingkat pengaman (lihat IEC 60529).
- g) Jenis pasangan dalam atau pasangan luar.
- h) Jenis pendingin.
- i) Daya pengenalan untuk setiap belitan, dan untuk julat sadapan yang melebihi $\pm 5 \%$, bila dapat diterapkan ditentukan sadapan arus maksimum.

Bila transformator ditentukan berdasarkan alternatif metode pendinginan, nilai daya masing-masing yang lebih rendah dinyatakan bersama dengan daya pengenalan (yang mengacu pada pendinginan yang paling efisien).

- j) Tegangan pengenalan untuk setiap belitan.
- k) Untuk transformator dengan sadapan:
 - dengan belitan yang disadap, jumlah sadapan dan julat sadapan atau langkah sadapan;
 - apakah perubahan sadap “sirkuit terbuka atau” berbeban” diperlukan;
 - bila julat sadapan lebih besar dari $\pm 5 \%$ jenis variasi tegangan, dan jika dapat diterapkan lokasi sadapan arus maksimum, lihat 5.4.
- l) Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (U_m) untuk setiap belitan (yang berkenaan dengan isolasi, lihat 60076-3).
- m) Metode sistem pembumian (untuk setiap belitan).
- n) Tingkat isolasi (lihat 60076-3) untuk setiap belitan.
- o) Simbol hubungan dan terminal netral, bila disyaratkan untuk setiap belitan.
- p) Setiap ke-khas-an dari pemasangan, rakitan, transportasi dan penanganan. Pembatasan dimensi dan massa.
- q) Kebutuhan fitting dan suatu petunjuk disampingnya yang memungkinkan meter, pelat pengenalan, indikator tinggi – minyak dan sebagainya, harus mudah dibaca.
- r) Jenis sistem pemeliharaan minyak.
- s) Untuk transformator multi belitan disyaratkan kombinasi pembebanan – daya, dinyatakan, bila keluaran daya aktif dan reaktif secara terpisah, khususnya dalam hal oto – transformator multi belitan.

A.1.2 Informasi khusus

Informasi tambahan berikut ini perlu diberikan

- a) Apabila pengujian tegangan impuls petir yang diperlukan, apakah pengujiannya termasuk dengan gelombang terpancung atau tidak (lihat IEC 60076-3).
- b) Apakah belitan stabilisasi diperlukan dan, bila demikian metode pembumihannya.
- c) Impedans hubung-singkat, atau julat impedans (lihat lampiran C) untuk transformator multi belitan, setiap impedans yang ditentukan untuk pasangan belitan tertentu (bersama dengan pengenalan acuan yang relevan jika nilai presentase diberikan).
- d) Toleransi rasio tegangan dan impedans hubung singkat seperti yang perlu disetujui dalam Tabel 1, atau menyimpang dari nilai yang diberikan dalam tabel.
- e) Apakah transformator generator untuk hubungan langsung ke generator atau melalui perlengkapan hubung bagi, dan apakah akan terkena kondisi pelepasan beban seketika.
- f) Apakah transformator untuk dihubungkan langsung atau dengan menghubungkan pendek saluran udara ke perlengkapan hubung – bagi berisolasi – gas (GIS).
- g) Ketinggian di atas permukaan laut, jika melebihi 1000 m (3300 ft).
- h) Kondisi suhu sekitar khusus (lihat 2.1 b), atau pembatasan terhadap sirkulasi udara pendingin.
- i) Aktivitas seismic yang diharapkan pada sisi instalasi yang memerlukan pertimbangan khusus.
- j) Pembatasan ruang instalasi khusus yang dapat mempengaruhi jarak bebas isolasi dan tempat terminal pada transformator.
- k) Apakah bentuk gelombang arus beban akan sangat terdistorsi. Apakah pembebanan fase – tiga seimbang diantisipasi. Dalam kedua kasus ini, rinciannya harus diberikan.
- l) Apakah transformator akan sering terkena arus lebih, contohnya, transformator tanur dan transformator penyilah yang dimaksud traksi.
- m) Rincian dari pembebanan lebih untuk beraturan selain dari yang dicakup 4.2 (untuk menentukan nilai pengenalan untuk perlengkapan Bantu transformator yang akan dipasang).
- n) Pengecualian lain dari kondisi pelayanan.
- o) Jika transformator mempunyai hubungan belitan alternative, bagaimana cara mengubahnya, dan hubungan mana yang disyaratkan pabrikannya.
- p) Karakteristik hubung – singkat dari sistem yang dihubungkan (dinyatakan sebagai daya atau arus hubung – singkat, atau data impedans sistem) dan kemungkinan pembatasan yang mempengaruhi desain transformator (lihat IEC 60076-5).
- q) Apakah dilakukan pengukuran tingkat – bunyi (lihat IEC 600551).
- r) Ketahanan vakum tanki transformator dan, konservator, jika nilai tertentu disyaratkan.
- s) Setiap uji khusus yang tidak mengacu pada butir di atas yang disyaratkan.

A.2 Operasi paralel

Jika operasi paralel dengan transformator yang ada disyaratkan, halini harus dinyatakan dan informasi berikut pada transformator yang ada diberikan:

- a) Daya pengenalan;
- b) Rasio tegangan pengenalan;
- c) Rasio tegangan yang berhubungan dengan sadapan utama, dikoreksi terhadap suhu acuan yang Sesuai;
- d) Impedans hubung – singkat pada sadapan utama dan paling sedikit pada sadapan ekstrim, jika julat sadapan belitan yang disadap melebihi $\pm 5\%$;
- e) Diagram hubungan, atau simbol hubungan, atau kedua-duanya.

CATATAN Pada transformator multi belitan, informasi tambahan secara umum disyaratkan.

Lampiran B (informatif)

Contoh spesifikasi untuk transformator dengan sadapan

CONTOH 1 Variasi tegangan fluksi konstan

Transformator yang mempunyai pengenal 66kV, 40 MVA fase tiga dan julat sadapan $\pm 10\%$ pada belitan 66 kV, dengan 11 posisi sadapan.

kategori variasi tegangan:	VTFK
daya pengenal:	40 MVA
tegangan pengenal:	66 kV/ 20 kV
belitan yang disadap:	66 kV (julat sadapan $\pm 10\%$)
Jumlah posisi sadapan:	11

Jika transformator ini harus dikurangi daya sadapannya, misalnya, dari julat - 6%, tambahkan:

Maksimum: sadapan - 6 %

Arus sadapan belitan TT kemudian dibatasi hingga 372 A dari sadapan - 6 % sadapan hingga sadapan ekstrim - 10 % dengan daya sadapan dikurangi hingga 38,3 MVA.

CONTOH 2 Variasi tegangan fluksi variable

Transformator yang mempunyai pengenal 66 kV/ 6 kV, 20 MVA fase tiga dan julat sadapan + 15 %, - 5 % pada belitan TT, tetapi mempunyai tegangan sadapan konstan untuk belitan TT dan tegangan sadapan variabel untuk belitan TR, antara:

$$\frac{6}{0,95} = 6,32 \text{ kV} \text{ sampai } \frac{6}{1,15} = 5,22 \text{ kV}$$

kategori variasi tegangan:	VTFB
daya pengenal:	20 MVA
tegangan pengenal:	66 kV/ 6 kV
belitan yang disadap:	66 kV (julat sadapan + 15 %, - 5 %)
Jumlah posisi sadapan:	13

Tegangan sadapan pada belitan 6 kV : 6,32 kV, 6 kV, 5,22 kV

Jika transformator ini harus dikurangi daya sadapannya, tambahkan, sebagai contoh :

Sadapan arus maksimum: sadapan + 5 %

Arus sadapan pada belitan untuk bersadapan (TR) kemudian dibatasi sampai 2020 A dari sadapan + 5 % sampai sadapan ekstrim + 5 % dimana daya sadapan dikurangi sampai 18,3 MVA.

CONTOH 3 variasi tegangan kombinasi

Transformator yang mempunyai pengenalan 160 kV/ 20 kV, 40 MVA fase tiga dan julat sadapan $\pm 15\%$ pada belitan 160 kV. Titik pengubah (sadapan tegangan maksimum), adalah pada $+6\%$, dan sadapan arus maksimum dalam julat pada -9% .

Belitan yang disadap : 160 kV, julat $\pm 10 \times 1,5\%$

Sadapan	Rasio tegangan	Tegangan sadapan		Arus sadapan		Daya sadapan SMVA
		U_{TT} kV	U_{TR} kV	I_{TT} A	I_{TR} A	
1 (+ 15 %)	9,20	169,6	18,43	125,6	1 155	36,86
7 (+ 6 %)	21 (- 15 %)	169,6	20	136,2	1 155	40
11 (0 %)	8	160	20	144,4	1 155	40
17 (- 9 %)	7,28	145,6	20	158,7	1 155	40
21 (- 15 %)	6,80	136	20	157,7	1 080	37,4

CATATAN 1 Untuk melengkapi data sadapan menengah, Tabel sebelumnya dapat digunakan pada pelat pengenalan.

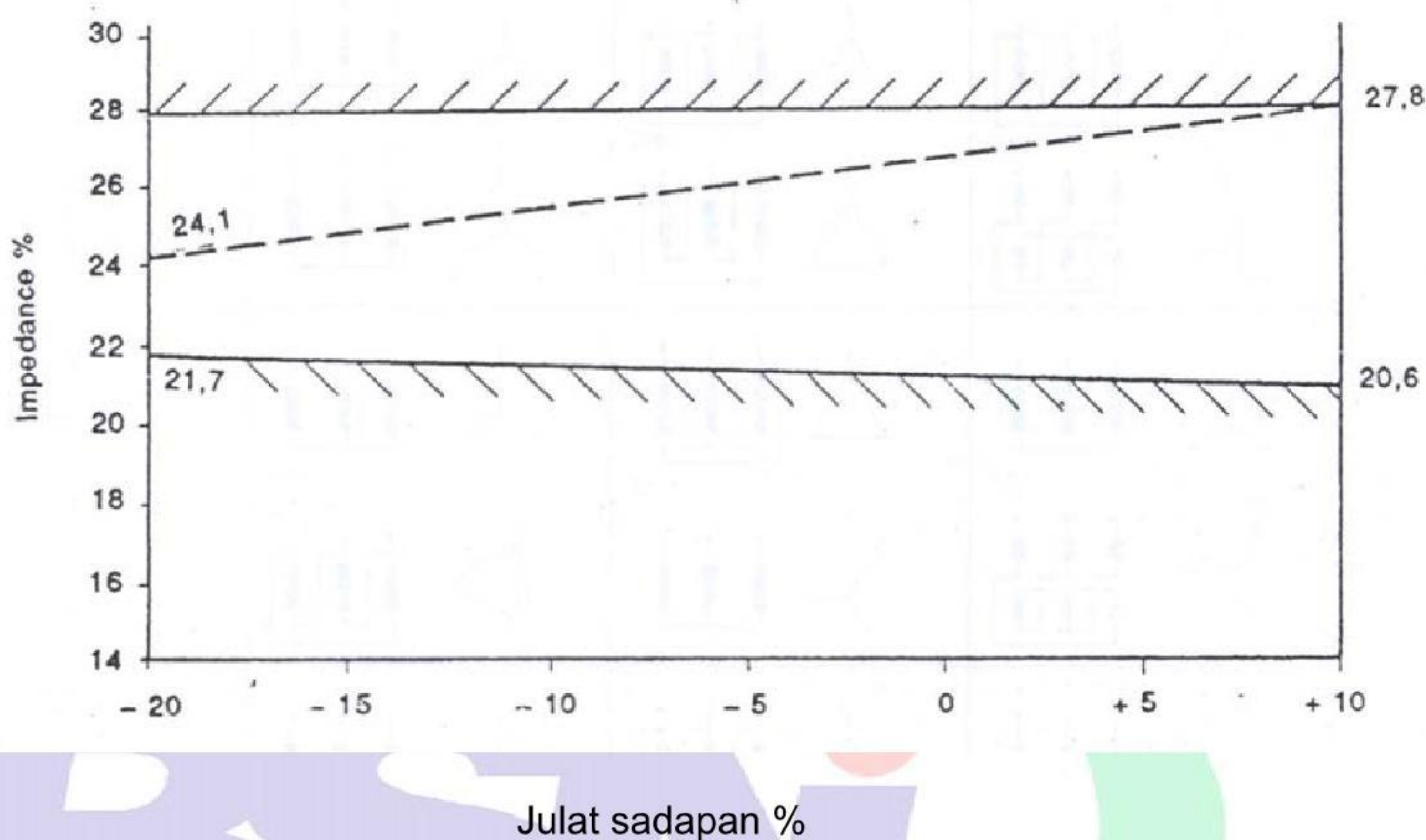
CATATAN 2 Bandingkan spesifikasi ini dengan spesifikasi VTFFK menjadi:

$$(160 \pm 15\%) / 20 \text{ kV} - 40 \text{ MVA}$$

Perbedaan tersebut adalah bahwa tegangan sadapan TT, sesuai pada contoh, tidak melampaui 'tegangan tertinggi sistem dari sistem TT' yaitu 170 kV (nilai yang di standarkan oleh IEC). Besaran 'tegangan tertinggi untuk perlengkapan' yang karakteristik isolasi belitannya juga 170 kV (lihat IEC 60076-3)

Lampiran C (Informatif)

Spesifikasi impedans hubung – singkat dengan batasnya



Batas atas adalah nilai konstan dari impedans hubung – singkat dalam persentase, yang ditentukan dari jatuh tegangan yang diperbolehkan pada pembebanan khusus dan pada faktor kerja yang ditentukan.

Batas bawah ditentukan dari arus lebih yang diperbolehkan pada sisi sekunder selama terjadi gangguan.

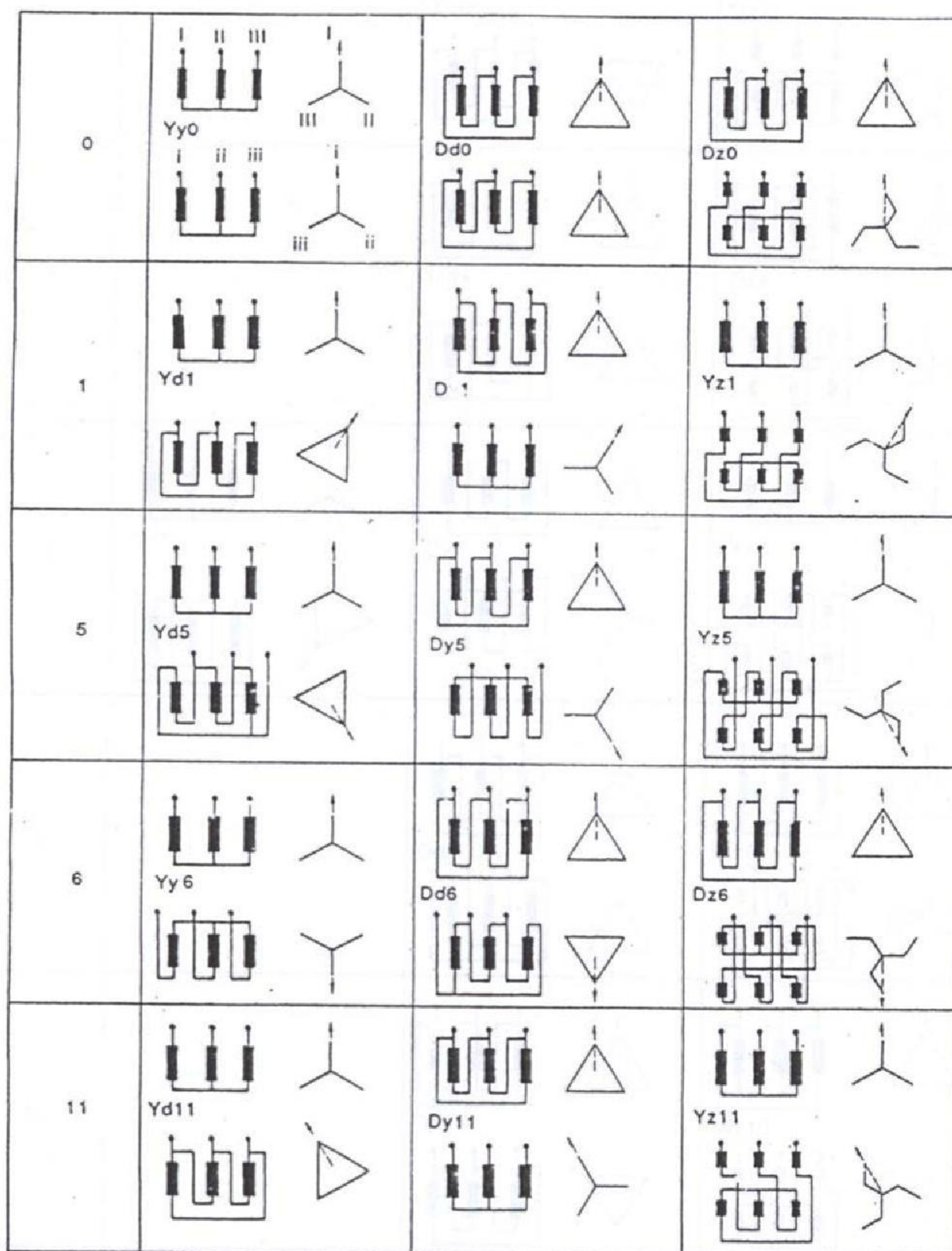
Garing penghalang pada contoh sebuah kurva impedans arus hubung singkat transformator dengan spesifikasi yang memuaskan.

Gambar C.1 Contoh spesifikasi impedans hubung – singkat dengan batasnya

Lampiran D (informatif)

Hubungan transformator fase – tiga

Hubungan bersama

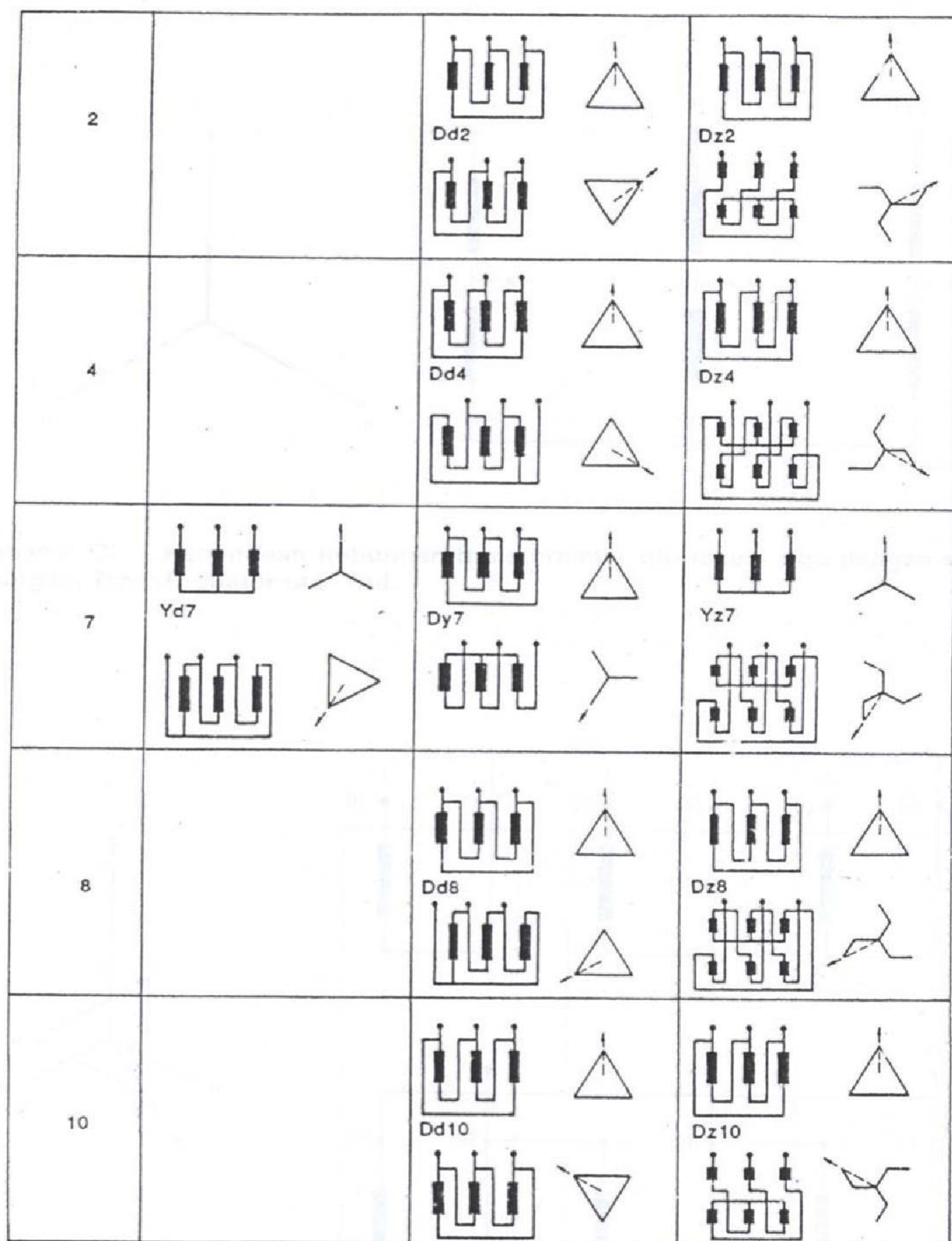


Kesepakatan penggambaran adalah sama seperti dalam gambar 2 (ayat 6) dari dokumen utama

CATATAN Perlu diperhatikan bahwa kesepakatan ini berbeda dari yang digunakan sebelumnya dalam gambar 5 IEC 60076-4 (1976).

Gambar D.1 Hubungan bersama

Hubungan transformator fase – tiga (tertutup)
Hubungan tambahan

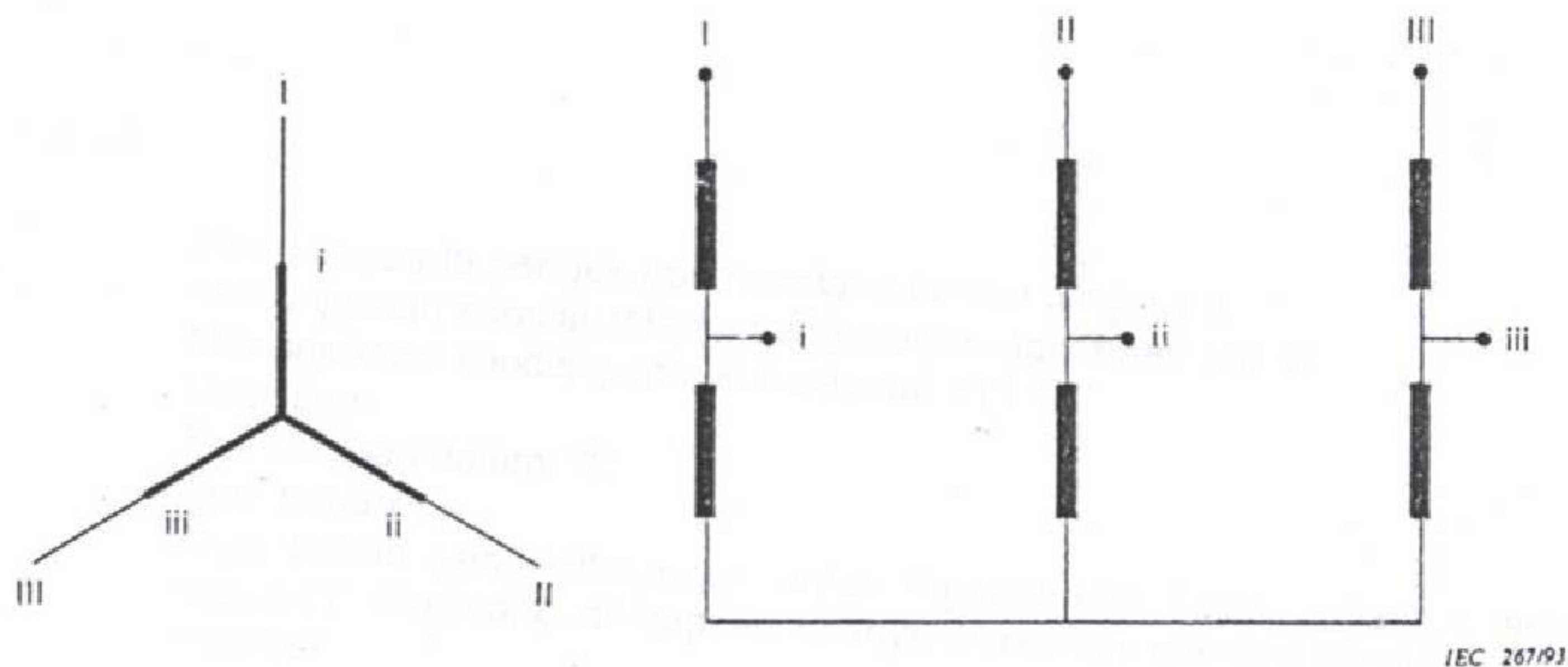


IEC 266/93

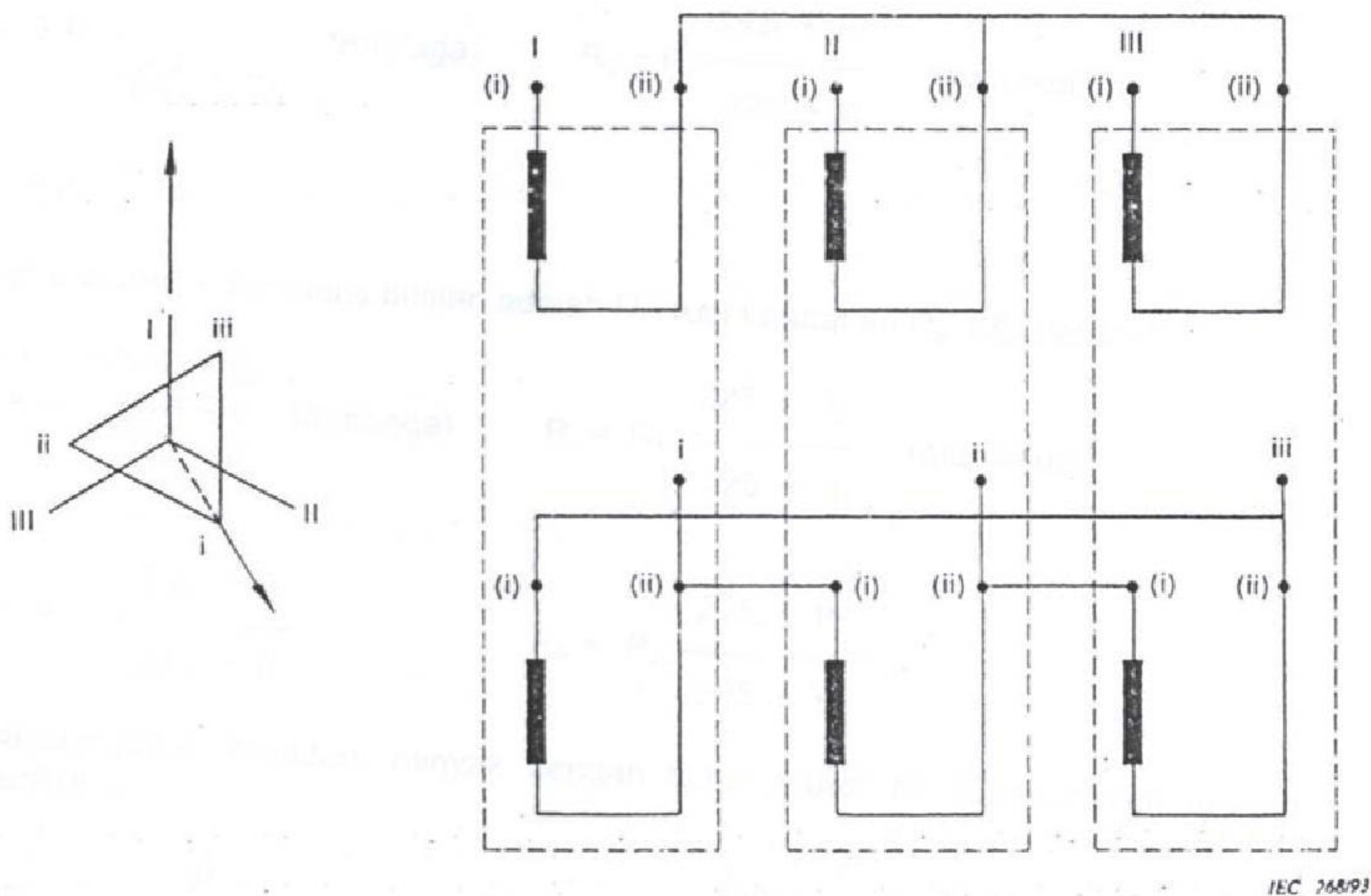
Kesepakatan penggambaran sama seperti dalam gambar 2 (ayat 6) dari dokumen utama

CATATAN Perlu diperhatikan bahwa kesepakatan ini berbeda dari yang digunakan sebelumnya dalam gambar 5 IEC 60076-4 (1976).

Gambar D. 2 Hubungan bersama



Gambar D. 3 Penandaan hubungan transformator oto fase – tiga dengan simbol hubungan. Transformator oto Yad.



Gambar D. 4 Contoh tiga transformator fase – tunggal yang dihubungkan dalam bentuk gugus fase – tiga (simbol hubungan Yd5)

Lampiran E (normatif)

Koreksi suhu dari rugi beban

Daftar simbol

Indeks 1	Mengacu pada pengukuran resistans belitan dingin' (10.2)
Indeks 2	Menunjukkan kondisi selama pengukuran rugi beban (10.4)
r	Menunjukkan kondisi pada 'suhu acuan' (10.1)
R	Resistans
θ	Suhu belitan dalam °C
P	Rugi beban
I	Arus beban yang ditetapkan untuk menentukan (arus pengenalan, arus sadapan, nilai yang ditetapkan lainnya berkaitan dengan kondisi beban khusus)
P_a	'rugi tambahan'

Pengukuran resistan belitan dilakukan pada suhu θ_1 . Nilai yang diukur R_1 .

Rugi beban diukur dengan belitan pada suhu rata-rata θ_2 . Rugi yang diukur mengacu pada arus I yang ditetapkan θ , adalah P_2 .

Rugi ini terdiri dari rugi "rugi ohmik" : $I^2 R_2$ dan "rugi tambahan" : P_{a2}

$$R_2 = R_1 \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1} \quad (\text{tembaga}) \qquad R_2 = R_1 \frac{225 + \theta_2}{225 + \theta_1} \quad (\text{aluminium})$$

$$P_{a2} = P_2 - I^2 R_2$$

Pada suhu acuan θ_r , resistans belitan adalah R_r , rugi tambahan P_{ar} , rugi beban P_r

$$R_r = R_1 \frac{235 + \theta_r}{235 + \theta_1} \quad (\text{tembaga}) \qquad R_r = R_1 \frac{225 + \theta_r}{225 + \theta_1} \quad (\text{aluminium})$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_r} \qquad P_{ar} = P_{a2} \frac{225 + \theta_2}{225 + \theta_r}$$

Untuk transformator terendam minyak dengan suhu acuan 75 °C persamaan menjadi seperti berikut ini :

$$R_r = R_1 \frac{310}{235 + \theta_1} \quad (\text{tembaga}) \qquad R_r = R_1 \frac{300}{225 + \theta_1} \quad (\text{aluminium})$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{235 + \theta_2}{310} \qquad P_{ar} = P_{a2} \frac{225 + \theta_2}{300}$$

Akhirnya : $P_r = I^2 R_r + P_{ar}$

Lampiran F (Informatif)

Daftar pustaka

ANSI/ IEEE C 57.12.00 *General requirements for liquid – Immersed distribution, power and regulating transformers*

IEC 60076-4 (1976) *Power transformers – Part 4 : Tapping and connections (superseded by this part of IEC 76)*











BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3,4,7,10
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id